

ESEN-CPS-BK-0000001145-ESE¹

472920

مُوجَزٌ
فِي

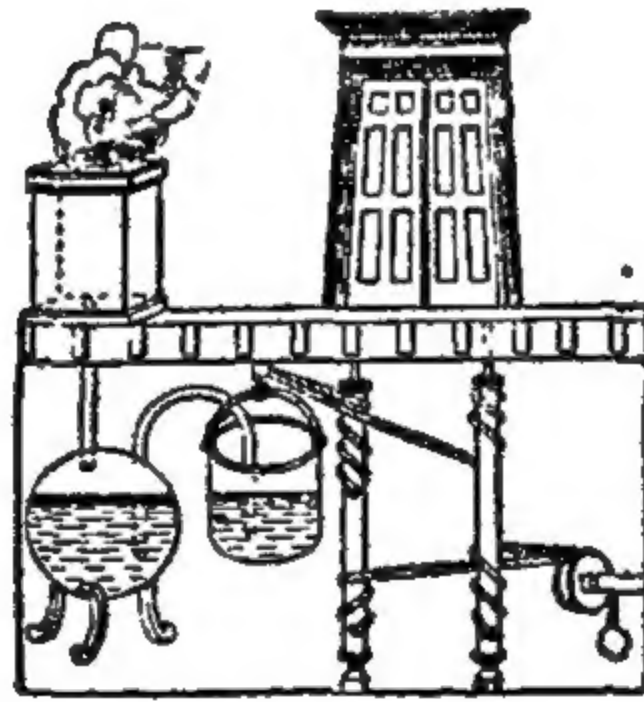
المَحَرَكَاتُ الْحَرَارِيَّةُ وَالْمَائِيَّةُ وَالآلَاتُ أُخْرَى

كتاب ابتدائي يبحث بأختصار في المحركات والآلات الشائع استعمالها في مصر . وهو في متناول طلبة السنة الاولى
بمدرسة الهندسة الملكية بالجيزة وتلاميذ الاقسام الثانوية بالمدارس الصناعية والمساعدين الفنيين

تأليف

Ph.D. , M.Sc. **كامل إسكندر**

مدرس بمدرسة الهندسة الملكية بالجيزة



حقوق الطبع محفوظة للمؤلف

الطبعة الاولى : مايو سنة ١٩٣١

﴿ مطبعة وديع ابو فاضل بشارع كامل نمرة ٢ بمصر ﴾

محتويات الكتاب

صفحة

الفصل الاول - مبادئ الميكانيكا العامة

الحركة . السرعة . العجلة . القوة المركزية الطاردة . عزم القوة .
عزم القصور الذاتي . الشغل . قياس الشغل المنصرف بالمساحات .
الشغل المنصرف في الدوران . الطاقة . قانون حفظ الطاقة . علاقة
الطاقة التحركية بالطاقة الوضعية . علاقة الطاقة الحرارية بالطاقة
الكيميائية . الارتباط بين الطاقة الحرارية والشغل . القدرة الميكانيكية .
الطاقة والقدرة الكهربائية وعلاقتها بالطاقة والقدرة الميكانيكية .
القدرة الممكن الحصول عليها من الطاقة الوضعية . الطاقة التحركية
لجسم يدور حول مركزه . تمرينات ١ — ١٧

الفصل الثاني - الموارد الطبيعية للطاقة

الشمس مصدر كل حياة . الطاقة الذرية . الكهرباء الجوية . المد
والجزر . الامواج البحرية . الرياح . استخدام حرارة الشمس
لتوليد البخار . مساقط المياه . الطاقة الذرية للمادة ١٧ — ٢٥

الفصل الثالث - توليد البخار والمراجل

كمية الحرارة اللازمة لتبخير الماء . البخار المحمص . أنواع المراجل .
مرجل لانكشير . مرجل القاطرة . المراجل الرأسية الصغيرة .
مرجل بابكوك وويلكوكس . مرجل ثورنيكروفت . مقارنة بين
المراجل ذات مواسير الدخان والمراجل ذات مواسير الماء . صمامات
الامن . مقياس الضغط . زجاجة البيان . الصمام الحابس . حنفية
التصفية . الصمام غير الرجعي . منبه هبوط أو ارتفاع منسوب الماء .
مرشحات ماء التغذية . مسخنات ماء التغذية . طلمبات التغذية .
محصات البخار . اجهزة تصفيه ماء تكاثف البخار . أنواع الافران . ٢٦ — ٥٠

الفصل الرابع — المحرك البخاري الترددي

انواع المحركات . اجزاء المحرك البخاري الترددي وكيف يشتغل .
 انواع المحركات البخارية الترددية . الشغل الذي يؤديه البخار في
 اسطوانة المحرك وتمثيله غرافيا . استعمال البخار ممددا . المبين
 والقدرة البيانية . القدرة القرملية وقياسها . المحركات ذات المكثف .
 المكثف بالانصباب . المكثف السطحي . المحركات المركبة وأنواعها .
 تمرينات ٧٠ — ٥١

الفصل الخامس — تفاصيل المحرك البخاري الترددي

المكبس . الطربوش . ذراع التوصيل . المرفق وعمود الادارة .
 الاكسنتريك . الحداقة . الاسطوانة . عابطة المشاق . بطانة
 الاسطوانة . فرش المحرك وكراسي عمود الادارة . توزيع البخار
 بواسطة الصمام المنزلق البسيط . الصمام المكبسي المنزلق . صمامات
 التوزيع المنفصلة . طريقة كورلس لتوزيع البخار . طريقة سولزر
 لتوزيع البخار . الحاكم ٩١ — ٧١

الفصل السادس — محركات الاحتراق الداخلي

تعريف ووصف عام . دورة أوتو الرباعية الاشواط . دورة كلارك
 الثنائية الاشواط . دورة ديزل الرباعية الاشواط . دورة ديزل
 الثنائية الاشواط . تقسيم محركات الاحتراق الداخلي بحسب نوع
 الوقود . محركات الغاز . محركات البنزين . مولد الشرارة . المذري .
 نقل قدرة المحرك الى عجلات السيارة ١١٥ — ٩٢

الفصل السابع — محركات الزيت الثقيل

تقسيمها الى اربعة انواع . المحرك ذو المبخر . أوجه الاختلاف في
 محركات الزيت الثقيل . محركات الزيت الثقيل ذات الانضغاط
 المنخفض . محركات الزيت الثقيل ذات الضغوط العالية . محركات
 ديزل . حقن الوقود . تنظيم كمية الوقود . الحقن بالقوة . مجال
 استعمال محركات الزيت الثقيل ١٣٥ — ١١٦

الفصل الثامن - المحركات الدورانية

تقسم المحركات الدورانية . تقسيم المحركات المائية . العجلات الفوقية .
العجلات الصدرية . العجلات النحتية . عجلة بليتون . الطوربين
المائي . النظام الدفعي للطوربينات المائية . النظام الرجعي . نظرية
الطوربين البخاري . طوربين دي لافال . الطوربين السرعي المتعدد
المراحل . طوربين كيرتس . النظام الرجعي أو الضغطي للطوربينات
البخارية . طوربين پارسونز . نظرية المحرك الكهربائي . تركيب
المحرك الكهربائي . أنواع المحركات الكهربائية ١٣٦—١٥٧

الفصل التاسع - آلات متنوعة

الطلمبات والضواغط . الطلمبات المروحية . الطلمبات الترددية
للسوائل ضواغط الهواء . آلات التبريد . آلات الرفع . آلات الحفر
والكراكات. ١٥٨—١٧٥
المراجع ١٧٦

مجموعة الاصطلاحات الفنية المستعملة وما يقابلها بالانجليزية X—I

فهرسب الاصطلاء... .. XII—I



مقدمة

لما عُدَّت مناهج مدرسة الهندسة في العام الماضي وأدخل علم الآلات ضمن برامج طلبة السنة الأولى والفرق التي فاتها دراسة هذا العلم عهد اليّ بتدريس هذه المادة لطلبة القسم المدني بالمدرسة فشعرت بحاجة الطلبة الى مذكرات موجزة تحوى رسومات وأشكالاً مفصلة تقرب المادة للفهم بلا كبير عناء وفي نفس الوقت تسد باب استظهارها على الطلبة بوضعها في غير اللغة التي تدرس بها المادة والتي يؤدون الأمتحان بها .

وتوقعا لما لمثل هذه المذكرات من فائدة ليس للطلبة فقط بل للجمهور المهندسين والمساعدين الفنيين في مصر عملت على اخراجها بشكل مؤلف صغير يكون في متناول الجميع على السواء .

وقد كان وضع المصطلحات الفنية في صيغة عربية صحيحة من اهم ما سميت اليه في هذا الكتاب . وأن كنت لا أجرأ على الأمل بأنني بلغت في ذلك حد الكمال الا اني ارجو ان اكون قد وضعت نواة صالحة لهذا العمل يتناوله التطور والاستكمال .

ولا يسعني في هذا المقام الا الاعتراف بما لحضرة صاحب العزة الدكتور عبد الرحمن الساوي بك وكيل مدرسة الهندسة من جميل لما أظهره نحو هذا المؤلف من رعاية وأهتمام مما شجعتني على المضي في هذا المجهود المتواضع لنهايته .

المؤلف


ابتدائي في المخرطات الحرارية والطائية

وآلات أخرى

الفصل الأول

مبادئ الميكانيكا العامة

بند ١ المحرك يقال ان نقطة A ثابتة أو في سكون بالنسبة لنقطة أخرى

ب (شكل ١) عند ما يكون الخط A 
الواصل بين النقطتين ثابت الطول والاتجاه

شكل (١)

فاذا تغير طول الخط ولم يتغير اتجاهه كانت الحركة استقامية واذا تغير الاتجاه وكان الطول ثابتا كانت الحركة دائرية واذا تغير الطول والاتجاه معا كانت الحركة مركبة من الحركتين السالفتين. ويلاحظ هنا ان الحركة نسبية محض أي أنه ربما كانت للنقطة B حركة معينة وكان الخط A ثابت الطول والاتجاه اثناء تلك الحركة فلو ان للنقطتين A و B حركة معينة بالنسبة لنقطة أخرى في الفضاء إلا أنه لا تزال النقطة A ثابتة بالنسبة للنقطة B .

بند ٢ السرعة هي معدل تغير موضع نقطة ما في جسم بالنسبة لنقطة أخرى في جسم آخر اصطلاح انه ثابت وتعين سرعة الجسم المتحرك في

لحظة ما حينما يتعين (أولا) اتجاه الحركة (ثانيا) معدل الحركة في هذا الاتجاه (وثالثا) وجهة الحركة ويمكن تمثيل السرعة تمثيلا تاما بخط مستقيم اذ يمثل اتجاهه اتجاه الحركة ويمثل طوله بمقياس رسم ما معدل الحركة وتمثل وجهة الحركة اما بسهم يوضع على الخط او بترتيب وضع الحروف على طرفي الخط. وتقاس السرعة الخطية بوحدات المسافة في وحدات الزمن والسرعة الدائرية أما بزوايا نصف قطرية أو بعدد اللفات في وحدة الزمن والمعادلة الرياضية الدالة على السرعة هي

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{أو} \quad \omega = \frac{\theta}{t}$$

حيث v = السرعة الخطية و s = مقدار الحركة الخطية في اتجاه السرعة

و ω = السرعة الدائرية و θ = مقدار الحركة الدائرية
و t = الزمن

والسرعة الخطية في لحظة ما لجسم يدور حول مركز ما يبعد عنه مسافة s هي $v = \omega \times s$

وأذا كانت السرعة الدائرية مقاسه بعدد اللفات « n » في وحدة الزمن

$$\therefore v = \omega \times s = \frac{\theta}{t} \times s$$

بند ٣ المعبر . هي معدل تغير السرعة وتقاس بوحدات المسافة في مربع

وحدة الزمن إذا كانت الحركة خطية أو بزوايا نصف قطريه في مربع

الزمن إذا كانت الحركة دائرية فإذا رمزنا للعجلة الخطية بالحرف a

والعجلة الدائرية بالحرف α تكون المعادلات الدالة على حركة جسم

هي كما يأتي

بند ٤ القوة هي العامل الذي يجعل الجسم يميل الى الحركة اذا كان في حالة سكون أو الى تغيير حركته اتجاهها أو مقداراً أو كليهما إذا كان في حالة حركة منتظمة . وتعين القوة تميّنا تاما اذا علم مقدارها واتجاهها والنقطة المساطة عليها ووحدة القوة هي المقدار الذي يحدث تغيراً منتظماً مقداره يساوي وحدة العجلة في جسم كتلته تساوي الواحد (وكتلة الجسم هي كمية المادة التي يحويها ذلك الجسم) أي $u = k \times r$ حيث $u =$ القوة و $k =$ الكتلة و $r =$ العجلة الخطية والقوة التي تجذب جسم ما نحو الارض تسمى وزن الجسم فإذا كانت عجلة جسم ساقط نحو الارض $g =$ وكتلته k يكون وزنه $w = k \times g$

$$أو k = \frac{w}{g}$$

فإذا كان جسم وزنه w يتحرك في أي اتجاه بعجلة مقدارها r فإن القوة المسببة لهذه الحركة يعبر عنها بالمعادلة

$$u = r \times \frac{w}{g}$$

بند ٥ القوة المركزية الطاردة - العجلة الخطية لجسم يدور حول نقطة

$$\text{بسرعة منتظمة معبرا عنها بالقانون } \frac{v^2}{r} \text{ حيث } v = \text{السرعة}$$

و r نصف قطر دائرة الحركة واتجاه هذه العجلة هي نحو مركز الدائرة

فتكون القوة المركزية الحافظة لحركة الجسم الدائرية =

$$ك \times \frac{ع^2}{س} = \frac{و}{خ} \times \frac{ع^2}{س} \text{ حيث } و = \text{وزن الجسم } و =$$

عجلة التناقل و ك = كتلة الجسم وهذا ايضاً هو مقدار القوة المركزية الطاردة للجسم من حركته الدائرية

بند ٦ عزم القوة حول أي نقطة أو حول محور ليس في مستوى القوة

يعبر عن مقدرة هذه القوة على الدوران حول النقطة أو المحور ويقاس العزم هذا بحاصل ضرب القوة في المسافة العمودية بين القوة والنقطة أو المحور وقياساً على ذلك يمكن اعتبار حاصل ضرب مساحة أي شكل مسطح في البعد العمودي بين مركز ثقله وأي نقطة أو محور « العزم الاول » لذلك الشكل حول النقطة أو المحور

بند ٧ عزم القصور الذاتي أو العزم التآلي للذرة حول نقطة أو محور

مايساوي حاصل ضرب كتلة الذرة في مربع البعد العمودي بين القوة والنقطة أو المحور - وبالنسبة لجسم متماسك يكون عزم قصوره الذاتي عبارة عن مجموع عزم القصور الذاتي للذرات المكونة للجسم أي مجموع حاصل

$$\text{ضرب كتلة كل ذرة في بعدها العمودي عن المحور أي } \sum \frac{و}{س} \times \frac{ع^2}{س}$$

حيث و وزن الذرة

و س بعدها العمودي عن المحور

حيث و الوزن الكلي للجسم

$$\text{اي } و = \frac{و}{س} \times \frac{ع^2}{س}$$

و س نصف قطر القصور الذاتي

وهو بعد مركز ثقل الجسم عن المحور

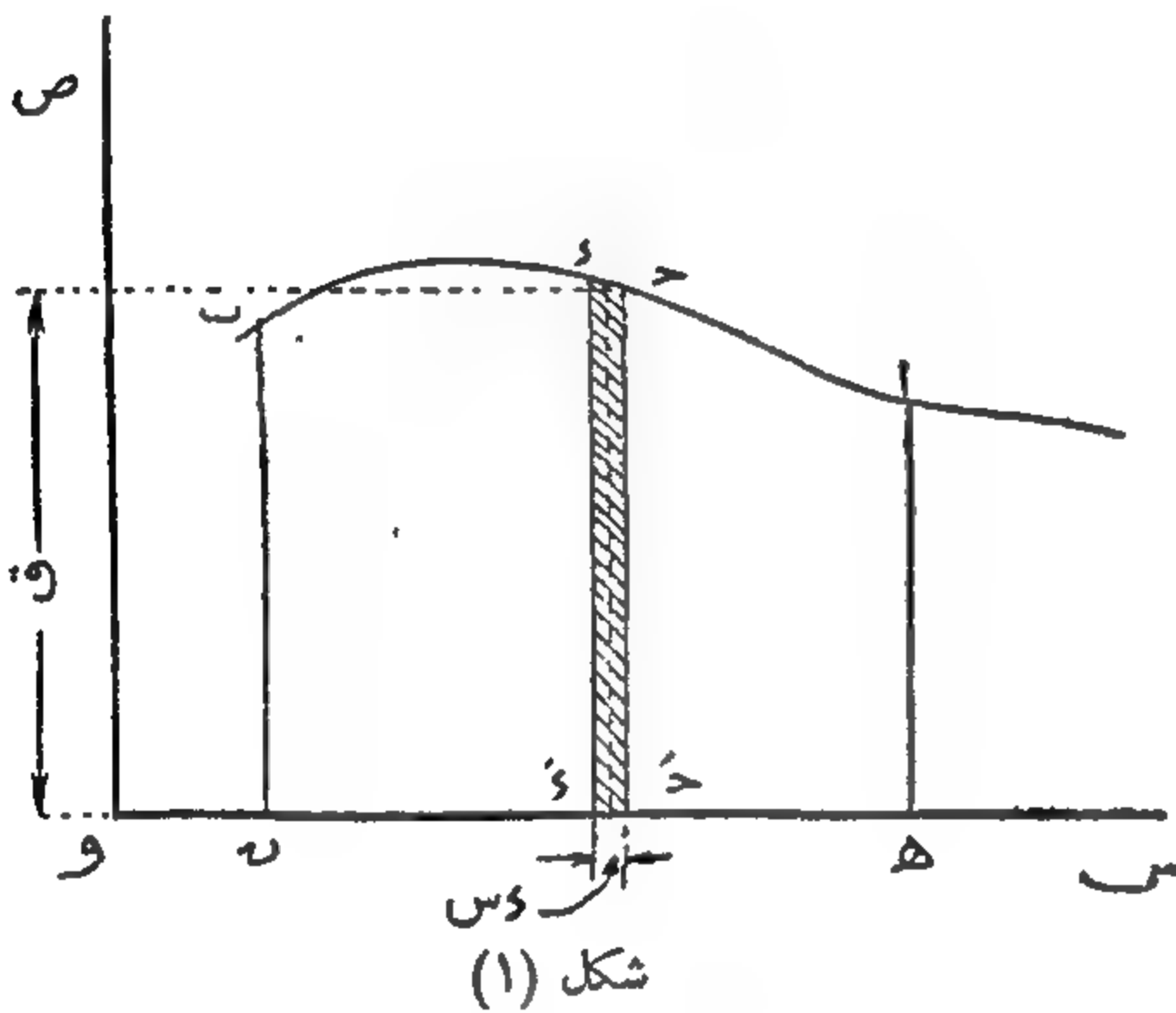
بند ٨ الشغل - يقال أن قوة أدت شغلا عندما يتحرك الجسم بتأثير تلك

القوة ويقاس الشغل بحاصل ضرب مقدار القوة في مقدار الحركة في اتجاه القوة ووحدة الشغل عند المهندسين هي الكيلو جرام - متر أو الرطل - قدم والعلاقة بين الـوحدتين هي حاصل ضرب العلاقة بين الكيلو جرام والرطل وبين المتر والقدم

أى أن الكيلو جرام - متر = $2,203 \times 3,281 = 7,229$ رطل - قدم

بند ٩ قياس الشغل المنصرف بالمسافات - حيث أن مقدار الشغل

المنصرف يساوي حاصل ضرب كيتين وهما القوة والمسافة فإذا فرض



أن المنحني أ ب

(شكل ١) يبين العلاقة

وبين القوة والحركة

بمقياس ن للقوة (على

محور الصادات) ومقياس

ك للحركة (على محور

السينات) بمعنى أن القوة

يتغير مقدارها من نقطة الى أخرى اثناء حركة الجسم فمثلا عندما يكون

الجسم في الوضع هـ يكون مقدار القوة مناسباً للأحداثي الرأسى هـ أ

وعند الوضع ن يكون مقدار القوة مناسباً للأحداثى ن ب الخ

أعتبر حركة صغيرة للجسم من ن الى ص أي مسافة تساوي ن س

ففى أثناء هذه الحركة الصغيرة يمكن اعتبار أن القوة المسلطة على الجسم

ثابتة المقدار وتساوي متوسط الأحداثين ن س و ن ص وليكن

مقدار القوة حينئذ ن

∴ الشغل المنصرف فى هذه الحركة الصغيرة = ن س =

ن × س = مساحة الشقة الصغيرة ج جـ ن س

والشغل المنصرف أثناء حركة كبره من θ الى θ مثلا يعبر عنه بالمعادله

$$= \int_{\theta}^{\theta} v \times \omega \, d\theta$$

= مجموع مساحات الشقق المائلة للشقة الصغيره ج ج ω

ابتداء من الاحداثي θ الى الاحداثي θ

= المساحة المحصورة بين محور السينات والمنحني من جهة

والاحداثيين المقامين عند الوضعين المطلوب حساب الشغل

المنصرف في حركة الجسم من احدهما للآخر

ويلاحظ أنه يجب أن تكون هذه المساحة محوله الى مقياسها الطبيعي

بند ١٠ الشغل المنصرف في الدوران - إذا دار جسم زاوية مقدارها θ

زوايا نصف قطريه تحت تأثير قوة ثابتة المقدار « ω » ومماسه لحركة

الجسم في جميع أوضاعه وكانت ω نصف قطر الدائرة فأن مقدار

الحركة الخطيه $= \omega \times \theta$

ومقدار الشغل المنصرف $= \omega \times \omega \times \theta$

ولكن $\omega \times \omega$ عبارة عن عزم القوة أو عزم الدوران وليكن M

∴ الشغل المنصرف $= M \times \theta$

فإذا كان مدى الحركة $= \theta$ لفات أي θ ط θ زوايا يكون

الشغل المنصرف $= M \times \theta$ ط θ

بند ١١ الطاقة - هي مقدرة جسم ما على تأدية شغل وتقاس بنفس وحدات

الشغل والطاقة أشكال عديدة منها :-

الطاقة الوضعية - ويمتاز بها أي جسم موضوع على ارتفاع ما بالنسبة

لمستوى معلوم وذلك لمقدرة ذلك الجسم على تأدية شغل أثناء سقوطه من

مستويه الى المستوى الادنى فإذا كان الارتفاع الممكن سقوط الجسم منه h وكان وزن الجسم w فإن الشغل الممكن للجسم تأديته أثناء سقوطه $= w \times h$ أو $h \times w$ أي أن طاقته الوضعية تساوي $h \times w$ (حيث w كتلة الجسم)

وبالعكس إذا رفع جسم كتلته w من مستو منخفض الى مستو أعلا بمقدار h فإنه يبذل شغل مقداره $h \times w$ وهذا الشغل يكون مدخراً في الجسم لأنه يمكن الانتفاع بهذا الشغل عند سقوط الجسم الى مستوية المنخفض

الطاقة التمركية ويمالكها كل جسم متحرك وتنصرف هذه الطاقة من الجسم أثناء تقصيره في الحركة فإذا كان جسم كتلته w يتحرك بسرعة ابتدائية قدرها v وتتضاءل هذه السرعة بأتظام حتي يسكن الجسم في زمن قدره t

$$\frac{v}{t} = \frac{a}{1}$$

والمسافة التي يتحركها الجسم حتى يسكن $s = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} v t$ وحيث أن الشغل المنصرف أثناء التقصير = القوة \times المسافة

$$= w \times s$$

$$= w \times \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} w a t^2$$

$$= \frac{1}{2} w v^2$$

وبمعنى آخر أنه بتخفيض سرعة جسم كتلة w من v الى صفر يمكن أداء شغل مقداره $\frac{1}{2} w v^2$ أي أن طاقته التمركية $= \frac{1}{2} w v^2$ وإذا انخفضت السرعة من v الى v_1 فتكون :

$$\text{طاقته التحركية عند سرعة } E_1 = \frac{1}{2} K E_1^2$$

$$\text{وعند سرعة } E_2 = \frac{1}{2} K E_2^2$$

$$\text{اذن فقد أدى شغلا مقداره } \frac{1}{2} K (E_2 - E_1)$$

الطاقم الحراري - وهي الطاقة السكّانة في الاجسام التي درجة حرارتها أعلا مما حوالها وتقاس هذه الطاقة أما بالكالوري أو بالوحدات الحرارية الانجليزية أو بالوحدات الحرارية المئانية وتعريف كل منها كما يأتي : —

الكالوري* هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو جراماً من الماء النقي درجة مئانية واحدة وتستعمل هذه الوحدة في القارة الاوربية عدا الجزائر البريطانية

الوحدة الحرارية الانجليزية (B.Th.U.) هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل من الماء درجة واحدة بمقياس فهرنهايت وقد كانت هذه الوحدة الى عهد قريب هي المستعملة عند المتكلمين بالانجليزية،

الوحدة الحرارية المئانية (C.H.U.) وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل من الماء درجة مئانية واحدة . وهذه الوحدة تحل محل الوحدة الانجليزية تدريجياً والعلاقة بين الثلاثة وحدات مبينة بالجدول الآتي:

* في الحقيقة يوجد هناك ما يسمى كالوري كبير وكالوري صغير يندب الاول للكيلو جرام والثاني للجرام ولكن حيث أن وحدة المهندس الشائع استعمالها هي الكيلو جرام لذلك اصبح من المصطلح عليه هو ما ذكر في التعريف السابق .

وحده حرارية انجليزية	وحده حرارية مئانية	كالورى	
١	٠,٥٥٦	٠,٢٥٢	وحده حرارية انجليزية =
١,٨	١	٠,٤٥٣	وحده حرارية مئانية =
٣,٩٧	٢,٢	١	وحدة الكالورى =

الطاقة الكيميائية - وتوجد في المواد التي ترتفع درجة حرارتها عند تفاعلها مع بعضها كيميائياً مثل الكربون والأكسجين وكذا حامض الكبريتيك والماء الخ

الطاقة الكهربائية - ويمتاز بها أي جسم يكون ضغطه الكهربائي أعلى من ضغط ما حوله من الاجسام .

بند ١٢ قانون حفظ الطاقة - ليس من الصعب التدليل على أنه لا يمكن خلق أو اعدام الطاقة ولكن يمكن تحويل طاقة من نوع ما الى نوع آخر . وهناك ارتباطات معينة بين انواع الطاقة . نذكر منها ما يأتي :

بند ١٣ عمارة الطاقة التحويلية بالطاقة الوضعية - اذا سقط جسم كتلة K من ارتفاع h ولم يؤد عملاً ما فان سرعته تزايد بانتظام الى أن تصل الى نهايه عظمى عند وصوله الى المستوى الادنى ولتكن هذه السرعة v وحيث أن الطاقة الوضعيه للجسم لم تنصرف في تأدية شغل فانها تتحول شيئاً فشيئاً الى طاقة حركيه .

$$\text{أي أن } K \cdot h = \frac{1}{2} K v^2$$

$$\text{أي أن } h = \frac{\frac{1}{2} K v^2}{K} = \frac{v^2}{2}$$

بند ١٤ عمدة الطاقة الحرارية بالطاقة الكيميائية - لا يوجد هناك قانون

خاص بهذه العلاقة بل وجدت كميات الحرارة التي تتولد من بعض التفاعلات الكيميائية المهمة بالتجربة فقط . وانتفاعات الكيميائية التي هم المهندسون هي تفاعل كل من الكربون والهيدروجين مع الاوكسجين فقد اتفق الباحثون على الارقام الآتية :-

(١) كمية الحرارة المتولدة من تفاعل رطل من الكربون مع الكمية اللازمة من الاوكسجين تساوي ١٤٥٤٠ وحدة حرارية انجليزية أو ٨٠٨٠ كالورى تقريباً للكيلو جرام من الكربون .

(٢) كمية الحرارة الناشئة من تفاعل رطل الهيدروجين مع الكمية اللازمة من الاوكسجين تساوي ٩٤٥٨٠ وحدة حرارية انجليزية أو ٥٨١٠٠ كالورى للكيلو جرام من الهيدروجين وكل مادة يحوي تركيبها الكيميائي نسبة ما من هذين العنصرين معا أو أحدهما تسمى وقوداً إذ يمكن بواسطة « حرقها » - وهو الاصطلاح الدارج لتفاعلاتها الكيميائية السريع مع اوكسجين الهواء - الحصول على كميات كبيرة من الطاقة الحرارية والجداول الآتية بين القدرات الحرارية لبعض انواع الوقود الصلبة والسائلة الشائعة الاستعمال في مصر :-

اسم الوقود	نسبة الكربون في المائة بالوزن	نسبة الهيدروجين في المائة بالوزن	القدرة الحرارية بالسكالوري للكيلو جرام	السعر الفريسي بالجنيه للطن	سعر الالف كالوري بالطن
مخلفات زراعية جافه	٢٥-٤٥	٣-٥	٤٥٠٠	٥٠٠٠	١١٠
خشب جاف	٣٦-٤٧	٤-٦	٤٠٠٠	١٠٠٠٠	٢٥٠
خم حجري	٦٧-٨٦	٣-٥	٨٠٠٠	٢٧٠٠	٣٤٠
مازوت	٨٤-٨٧	١٢-١٣	١٠٧٠٠	٤١٠٠	٣٨٠
زيت خفيف (سول)	٨٧	١٢	١٠٨٠٠	٥٢٠٠	٤٨٠
كبريتين أبيض	٨٥	١٤	١١١٠٠	٦٠٠٠	٥٤٠
بتروال السيارات	٨٠	١٥	١١٠٠٠	٢٠٠٠٠	٨٢٠
غاز الاستنصباح	—	—	١٠٠٨٠	٨ مالبات	٧٤٠

بند ١٥ الارتباط بين الطاقة الحرارية والشغل - يمكن توليد كمية من الحرارة بصرف كمية من الشغل في التغلب على احتكاك جسم بآخر وقد اكتشف « جول » أن كمية محدودة من الشغل تعادل كمية محدودة أخرى من الحرارة والعكس بالعكس وقد استقر رأي الباحثين بعد جول ان هذا الارتباط او كما يسمى (المعادل الميكانيكى للحراره) يساوي ٤٢٧ مقدرا بالوحدات الفرنسيه و ٧٧٨ بالوحدات الانجليزيه أى أن

الكالورى الواحد من الحرارة يتولد من صرف كمية من الشغل تساوي ٤٢٧ كيلو جرام - مترا أو أن الواحد الحرارة الانجلىزيه الواحده تتولد من صرف كمية من الشغل تساوي ٧٧٨ رطل - قدما

بند ١٥ القررة الميكانيكية هي كمية الشغل الممكن أداؤها في وقت محدود وقد

اختار « وات » المخترع الانجلىزي قدرة الحصان كوحدة قياس تقدر بها قدرات الآلات والمحركات وقد اصطلح « وات » على ان تكون قدرة الحصان هذه عبارة عن ٥٥٠ رطل - قدما في الثانية أو ٧٥ كيلو جرام - مترا في الثانية

بند ٧ الطاقة والقررة الكهربائية وعملها بالطاقة والقررة الميكانيكية

الطاقة الكهربائية هي حاصل ضرب الضغط الكهربائي في كمية التيار والوحدة العمليه للضغط الكهربائي هي « الفولت » والتيار « الامبير » وللطاقة الكهربائية « الجول » ويرف الاخير بأنه مقدار الشغل الكهربائي المنصرف عندما تمر كمية من التيار مقدارها أمبير واحد على ضغط فولت واحد والقدرة الكهربائية هي الشغل الكهربائي في وحدة الزمن ووحدة العمل العمليه هي « الكيلوات » وهو عبارة عن شغل مقداره ١٠٠٠ جول في كل ثانية - وقد استبدل المهندسون وحدة الجول بوحدة « الكيلوات ساعة » في قياس الطاقة الكهربائية وتعرف هذه الوحدة بأنها الشغل المنصرف بقدرة كيلوات واحد لمدة ساعة . وقد تستعمل « الهكتوات ساعة » كوحدة الطاقة بدلا من الكيلوات ساعة كما هو الحال عند شركة ايبون في مصر اذ يحاسب المستهلكي الكهرباء في القاهرة على اساس المليمين ونصف لكل هكتوات ساعة . وواضح أن الكيلوات ساعة عشرة أمثال الهكتوات ساعة وكما انه يمكن تحويل الحرارة الى شغل ميكانيكى والعكس بالعكس كذلك يمكن تحويل الشغل الميكانيكى الى شغل كهربائي والعكس بالعكس والعلاقة العددية بين وحدتي الشغل الميكانيكى والشغل الكهربائي ووحدتي قدره الميكانيكية والقدرة الكهربائية والطاقة الحرارية مبينه بالجدول الآتي :-

بند ١٨ القرره الممكن الحصول عليها من الطاقة الوضعيه : لتكن كمية من الماء مقدارها ١٠٠٠ لتر محفوظة في خزان يعلو عن سطح البحر بمقدار مائة متر فإذا سمح لهذا الماء بالنفاذ الى البحر في انبويه بحيث يمر في محرك مائى فإنه يمكن الحصول على قدره ميكانيكيه من المحرك ينتفع بها وتقدر هذه القدره كما يأتي : -

$$\text{الطاقة الوضعية للماء} = \text{وزن الماء} \times \text{الارتفاع}$$

$$= ١٠٠٠ \times ١٠٠ = ١٠٠٠٠٠ \text{ كيلو جرام مترا}$$

فبصرف النظر عن الفقد في المحرك تكون القدره المشتقة من هذه الطاقة

$$= \frac{١٠٠٠٠٠}{٧٥} \text{ حصانا لمدة ثانيه واحده}$$

$$\text{أو} \frac{١٠٠٠٠٠}{٢٧٠٠٠٠} = ٠,٣٧ \text{ حصانا لمدة ساعه واحده}$$

أى أنه اذا نفذت هذه الكمية في ظرف ساعه فإن قدرة المحرك تساوي ٠,٣٧ حصانا

بند ١٩ الطاقة التحريكه للجسم يزور حول مركزه - لتكن « و » وزن الجسم بالكيلو جرام و ω سرعة الدوران مقدرة بالزوايا نصف القطرية في الثانيه

$$و \text{ نصف قطر القصور الذاتى للجسم بالمتر}$$

فالطاقة التحريكه لهذا الجسم اثناء دورانه لمدة ثانيه واحده أى القدرة يعبر عنها بالمعادله : -

$$و \times \omega^2 \times \frac{ر}{٢} = \frac{١}{٢} \times \omega^2 \text{ كيلو جرام مترا في الثانيه}$$

حيث $و =$ عزم القصور الذاتى للجسم مقدرا بالكيلو جرام والمتر
 $و =$ جاذبيه الارض بالمتر فى الثانيه فى الثانيه

تمريينات

(١) قوة مقدارها ٢٠٠ كيلو جرام تستعمل في جر كتله من الحجر افقيا مسافة ستة امتار بواسطة حبل مائل على الافقي بزاوية ٤٥° فما مقدار الشغل المنصرف ؟

(٢) اذا كانت القوة اللازمة لشد زمبلك هي رطل واحد لكل عشر بوصه . أوجد الشغل المنصرف عند شد الزمبلك بوصه ونصف

(٣) أوجد القدرة اللازمة لأدارة طلمبه ترفع ٥٠٠٠ لتر من الماء لارتفاع ٣٠ مترا في خمس دقائق مع اهمال الفقد .

(٤) ما مقدار الماء الممكن رفعه في الساعة من عمق ٥٠٠ مترا بواسطة طلمبه تدار بمحرك قدرته ١٦٠ حصانا مع اهمال الفقد ؟

(٥) ونش يدار بمحرك كهربائي يمكنه رفع ٥ أطنان بسرعة ٩٠ قدما في الدقيقة فما هي قدرة المحرك الكهربائي بالحصان اذا كانت جودة آلة الرفع ٧٠٪ ؟
ما مقدار التيار المنصرف في المحرك بالأمبير اذا كانت جودة المحرك ٨٧٪ وضغط التيار ٢٢٠ فولت ؟

(٦) ماذا يكون ثمن الحصان ساءه من الطاقة المستمدة من المصادر الآتية : -

المصدر	القدرة الحرارية	السعر	الجودة الكلية للمحرك
فحم حجري	٧٥٠٠ كالوري للكيلو جرام	٢٤٠ قرشا للطن	١٤٪
كبروسين ابيض	١١٠٠٠ » » »	٦٠٠ » »	٢٥٪
مازوت	١٠٠٠٠ » » »	٤١٠ » »	٣٢٪
غاز استصباح	١٠٠٠ » للمتر المكعب	٨ مايات للمتر المكعب	٢٢٪
كهرباء	-	٢٠ مليا للكيلوات ساعة	٨٥٪

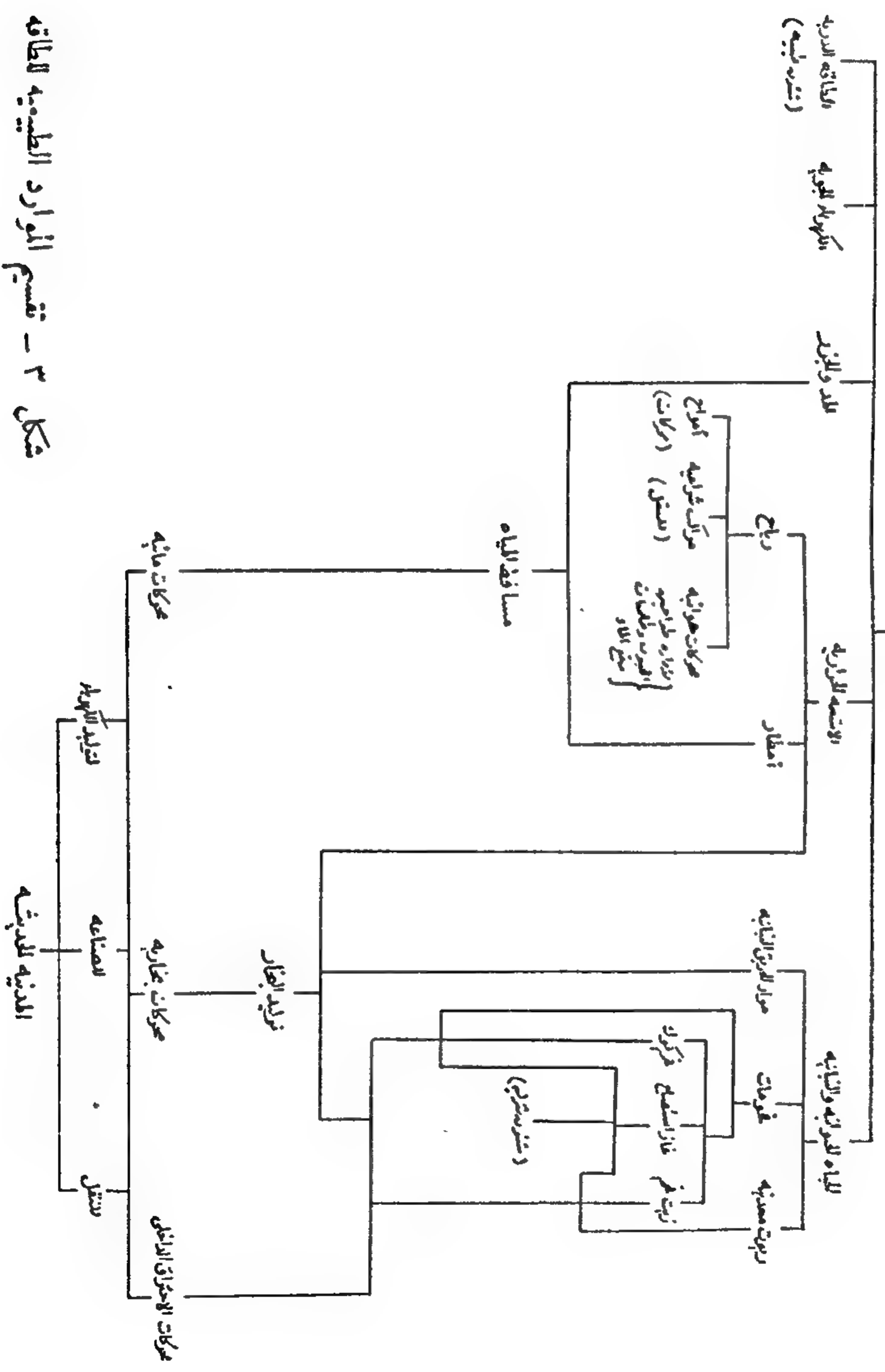
الفصل الثاني

الموارد الطبيعية للطاقة

٢٠ - ليس من شك في أن الشمس هي مصدر كل حياة سواء كانت بشرية أو حيوانية أو نباتية وليس هنا محل البحث عن ضرورة الضوء والحرارة للحياة ولكن ربما يفوت القاري، أن الشمس هي عماد المدنية الحديثة فقد سعى هذا العصر بالعصر الميكانيكي لأن مدنيته تتوقف على الكماليات التي تنتجها الآلات وعلى ما ينعم به البشر من رغد العيش بأستعمال الآلات في جميع الشؤون وحيث أن هذه الآلات تحتاج الى صنف من صنوف الطاقة الطبيعية لإدارتها وأن الشمس هي المصدر الاولى لصنوف الطاقة الطبيعية أذن تكون الشمس هي أساس المدنية وما للمخترع من فضل ينحصر في أستنباط طرق استعمال وتسخير هذه الطاقة الطبيعية في احتياجات البشر المتنوعة . والتقسيم الآتي يبين للقاري، بطريقة سهلة صنوف الطاقة الطبيعية وطرق أستعمالها : - (انظر صفحة ١٩)

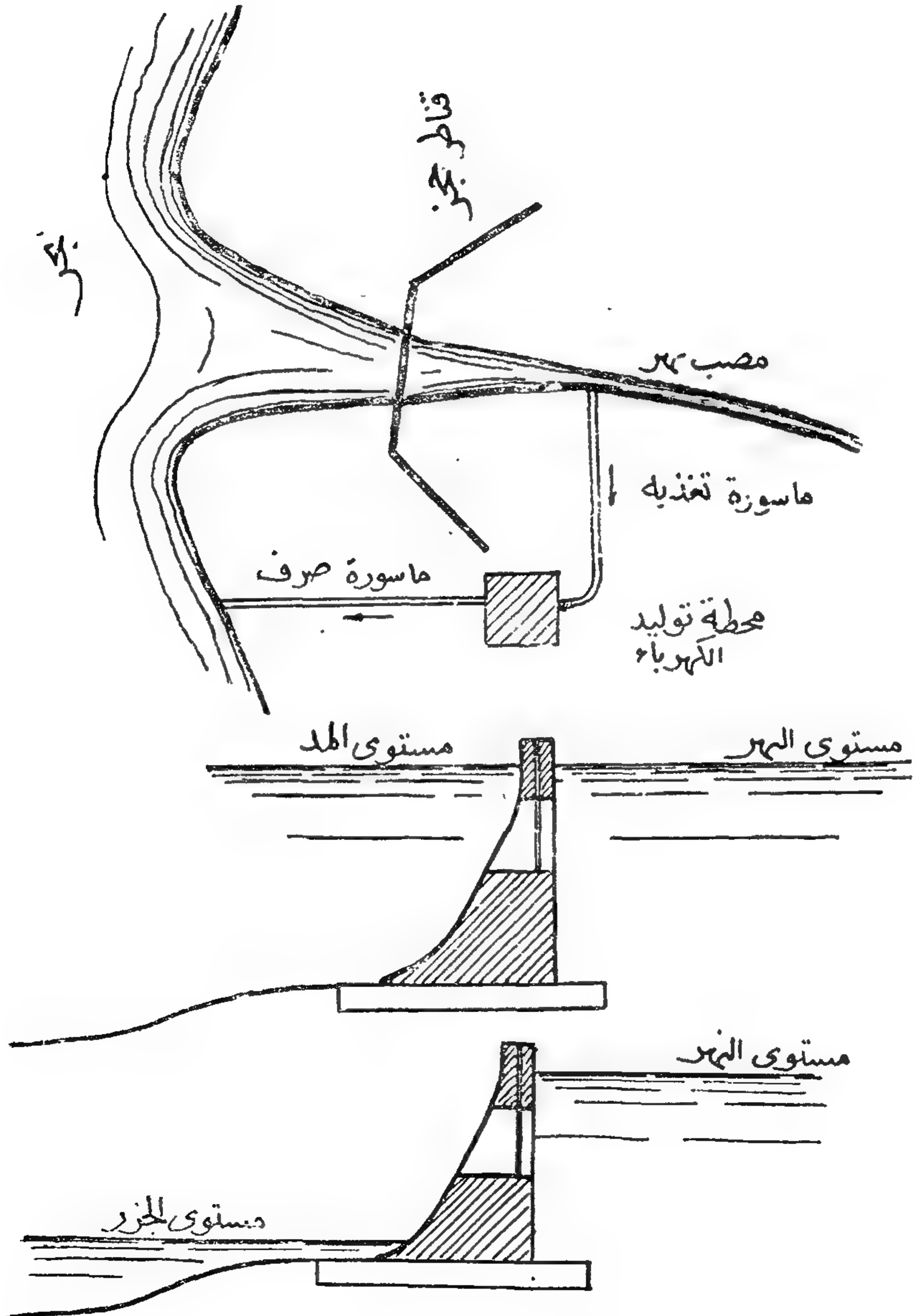
٢١ - الطاقة الذرية - وهي خاصية في بعض العناصر النادرة مثل الراديوم وقد قرر الباحثون أن هذه المواد أكتسبت هذه الخاصية من اللطع الشمسية التي هي مراكز ينبعث منها زوايج ذرية وتقدر الطاقة الذرية للراديوم بما يعادل الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة كمية من الماء مساوية لوزن الراديوم الذي تنبعث منه الطاقة الذرية من الصفر الى ١٠٠ درجة مئوية وبالنسبة لإدارة مثل هذه العناصر وغلو ثمنها لا يمكن اعتبارها موارد عملية للطاقة

٢٢ - الكهرباء الجوية - كما أنه في السحب وتشاهد عند حدوث الرعد والبرق بين السحب وبعضها ويذها وبين والارض في أحوال جوية معينة . وقد قدر الباحثون أنه أثناء حدوث زويزة جوية من هذا القبيل يستهلك من الكهرباء الجوية ما يعادل مليون حصان من الطاقة الميكانيكية . ولو أن هذه تمثل كمية هائلة



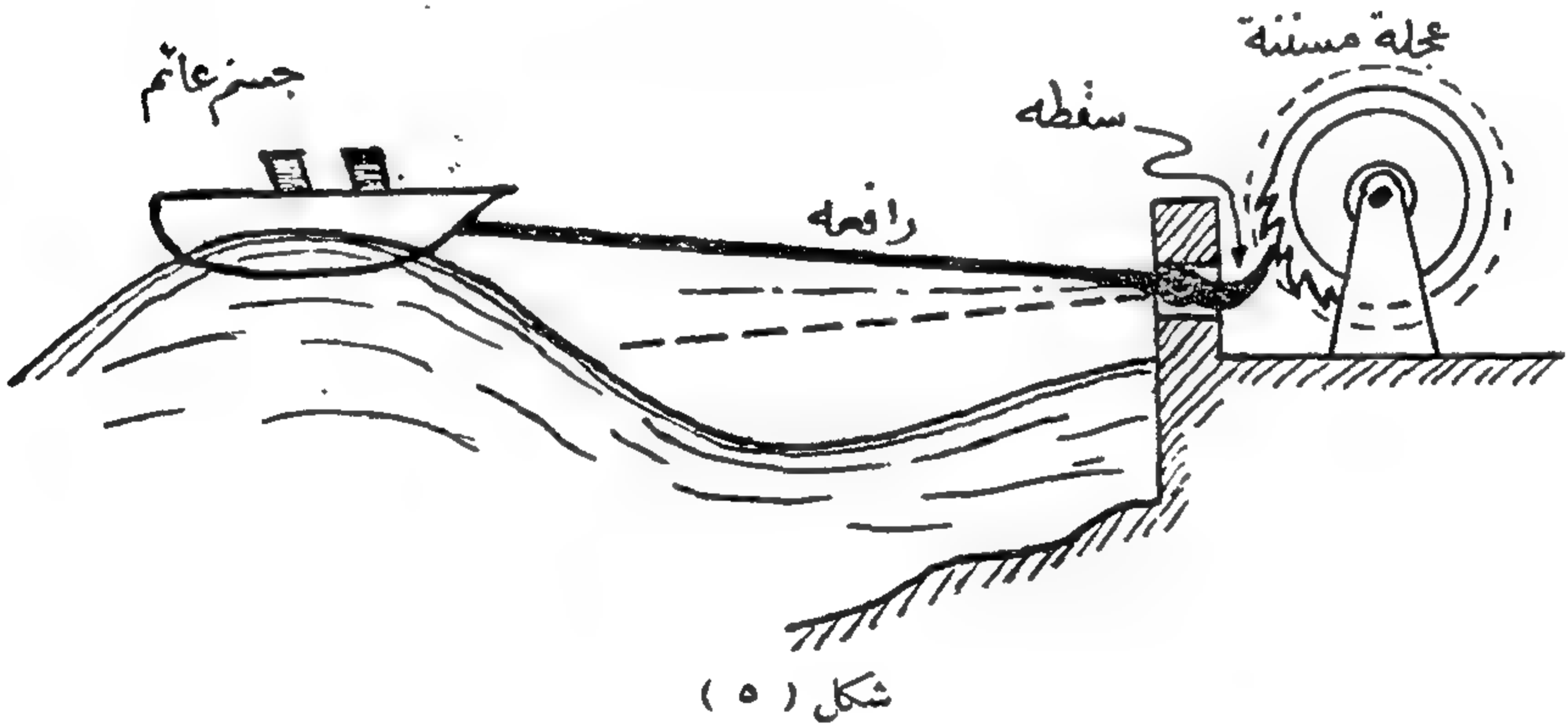
شكل ٣ - تقسيم الموارد الطبيعية للطاقة

من الطاقة الا أنه لا يمكن الانتفاع بها لتوزيعها على مساحات هائلة في الفضاء
ولعدم انتظامها وصعوبة استنباط الاجهزة التي تمكن من استعمالها .



شكل ٤ - استعمال طاقة مد وجزر البحر

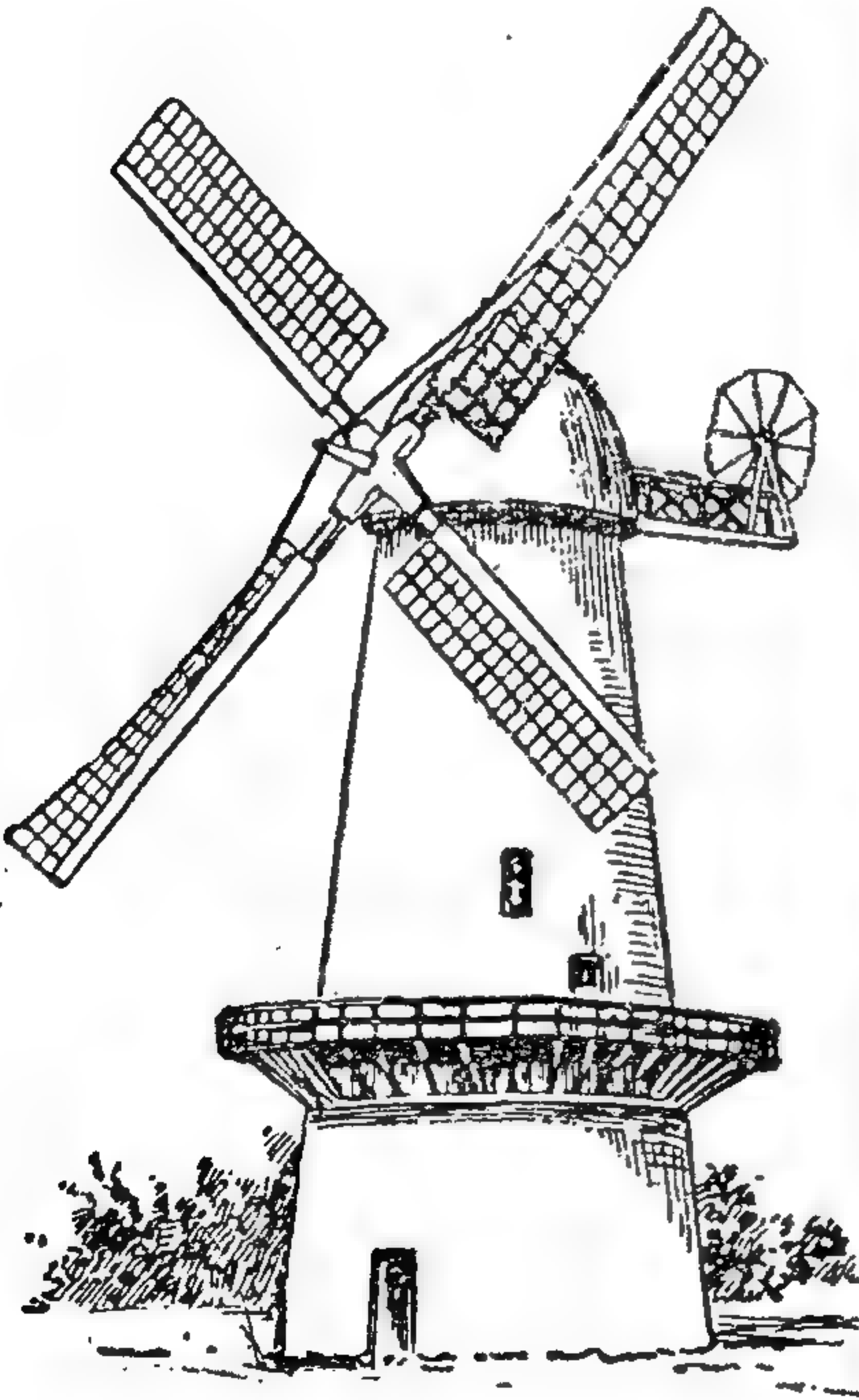
٢٣ - المر والجزر - يحدث المد والجزر في البحار والمحيطات بانتظام وعلى قواعد ثابتة ويمكن الارتفاع بها على الوجه الآتي :-
تنشأ قناطر حجز عند مصب النهر فعند حدوث المد تفتح عيون القناطر حتى يصل مستوى البحر الى نهايته العظمى .
وعند ابتداء الجزر تنقل العيون حتى يهبط مستوى البحر قليلا وبذلك يصير المستوى المائي خلف القناطر أعلا منه أمامها . فتصرف مخزون الماء خلف القناطر تدريجيا الى البحر مارا بمحركات مائية (طوربينات مائية) يمكن الارتفاع بقوة انحدار الماء في توليد الكهرباء وقد انشئت فعلا محطة لتوليد الكهرباء عند مصب نهر الشانون في ايرلندا ويدور البحث الآن على إنشاء محطة أخرى على نهر السفرون في انجلترا يستخدم فيها مد وجزر البحر على الوجه المذكور



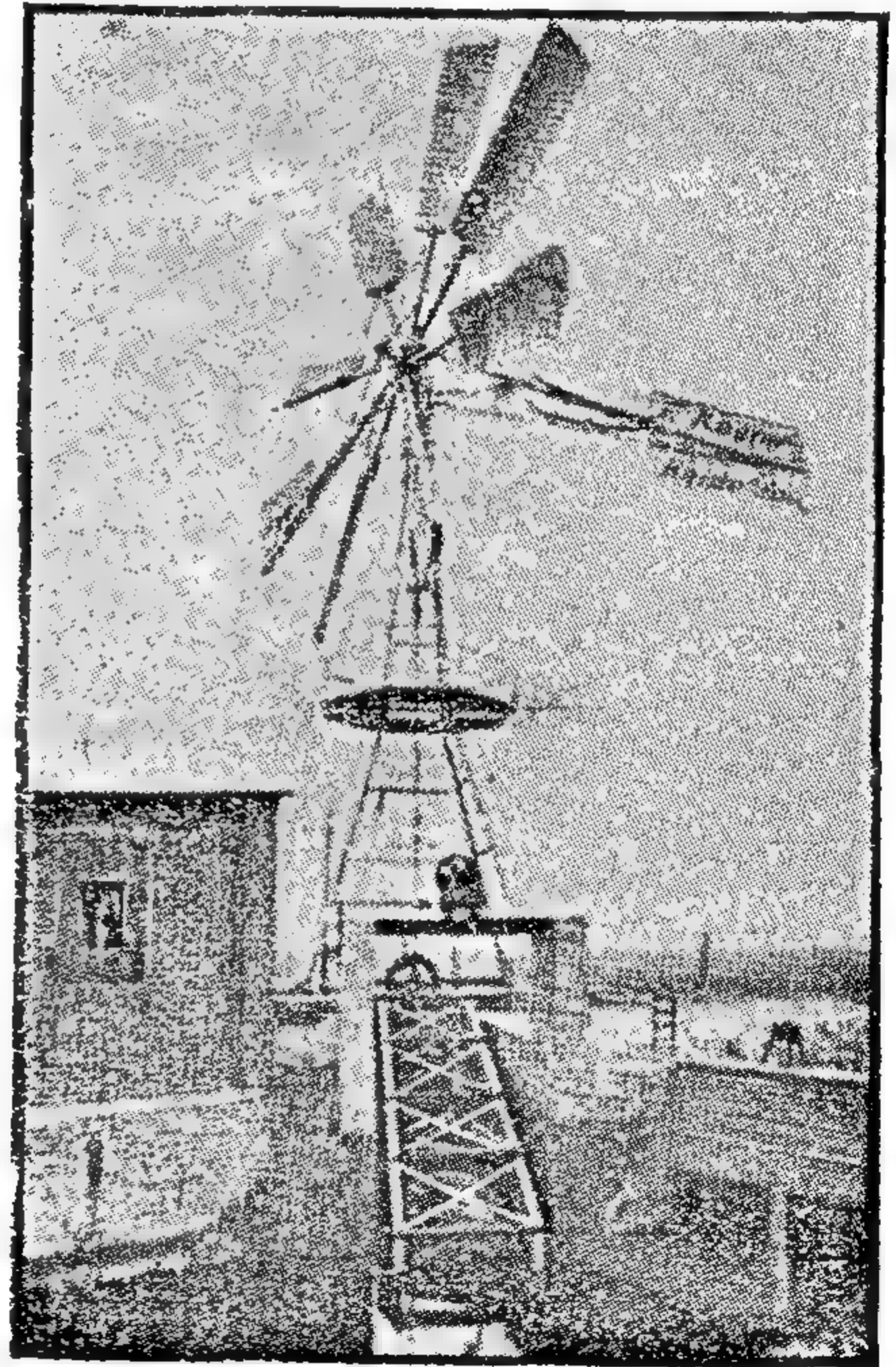
٢٤ - الامواج البحرية - شكل ٥ بين طريقة تصويرية للارتفاع بصعود وهبوط سطح الماء النائي من الامواج البحرية . فاذا ثبت احد طرفي رافعه في جسم عائم يعد قليلا عن الشاطئ وكان الطرف الآخر من الرافعة متصلا بسقطة معشقة في عجلة مسننة لنشأ من صعود وهبوط الجسم العائم اذا صادفته أمواج حركة دائرية مستمرة لاجلة المسننة ويمكن حينئذ الارتفاع بهذه الحركة الدائرية - يتضح من ذلك أنه يمكن نظريا استخدام

الامواج البحرية كمورد للطاقة ولكن الاعتبار العملية والاقتصادية تحول دون ذلك

٢٥ - الرياح - مورد للطاقة أستعمل منذ القدم في تسيير المراكب في الأنهر والبحار ولا يزال استعماله منتشرًا في أنحاء المعمورة . وتستعمل الرياح في إدارة مراوح ضخمة مثبتة في قم أبراج مبنية بالطوب أو الدبش أو أبراج مأتورة من الحديد وتتصل محاور هذه المراوح بواسطة تعايق مسننة بطلمبات لرفع الماء أو طواحين لطحن الحبوب . وهذه المحركات الهوائية منتشرة على سواحل هوائده وباجيكا حيث تهب رياح شديدة من الشمال الى الجنوب في غالب



شكل (٦)



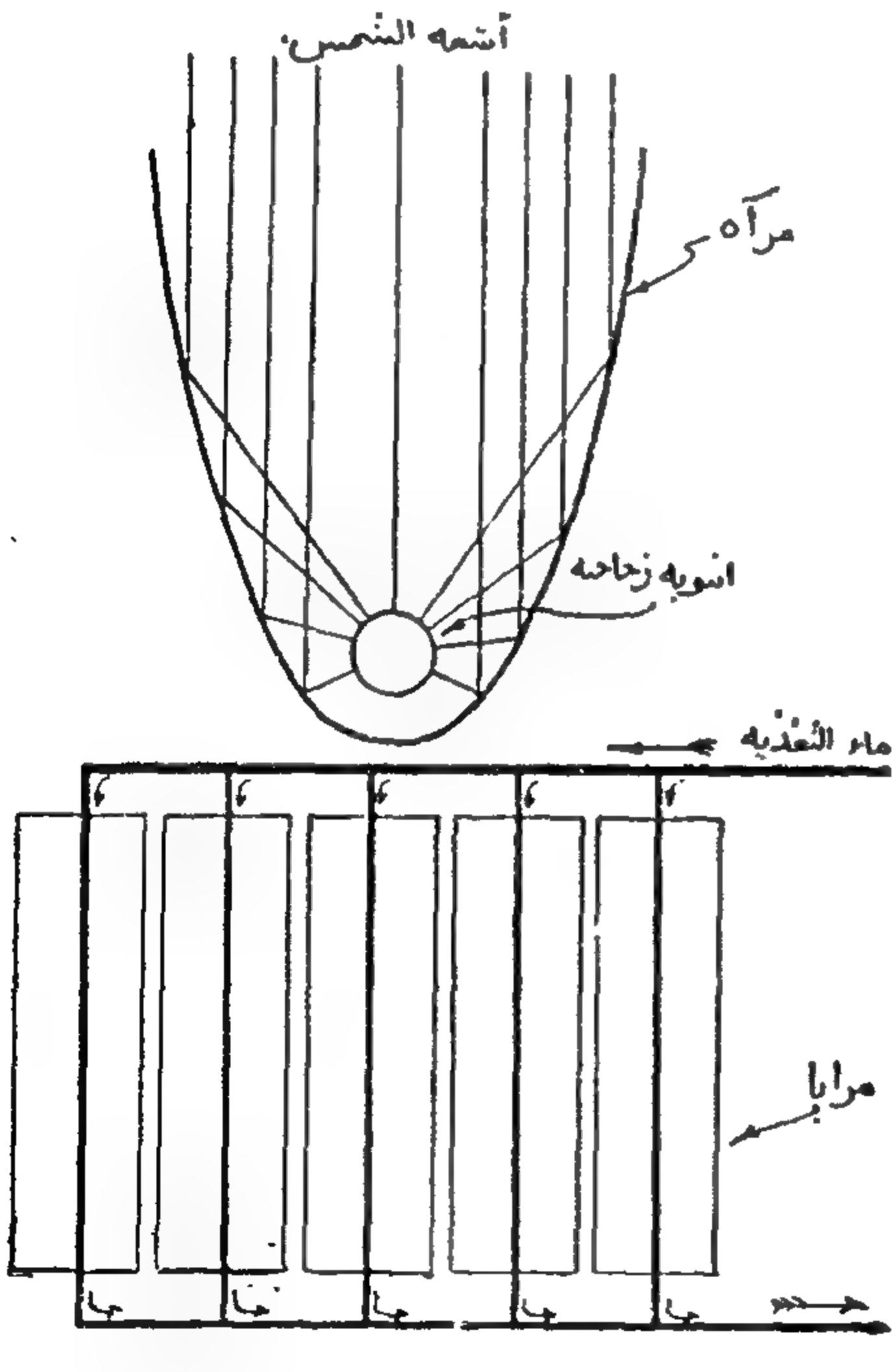
شكل (٧)

أيام السنة . وليس في الأماكن تسخير طاقة الرياح الا في محركات صغيرة أو في تسيير المراكب الشراعية الخفيفة لذلك لم يعرھا المهندسون التفات يذكر - غير أنه لا يزال المراوح الهوائية تصنع في انانيا على احدث النظريات العلمية فشكل ٦

يبين طاحونة هوائية يرجع عهدها الى القرن الرابع عشر وشكل (٧) يبين مروحة هوائية حديثة صنعت في المانيا وتدير حازون مائى (طنبور) لرفع المياه وقدرة هذه المروحة ٤ أحصنة عند مائى الرياح بسرعة ٨ أميال في الساعة (ريح معتدلة) وعند سرعة ٢٥ ميلا في الساعة تكون القدرة الناتجة ١١٠ أحصنة وعند ٤٥ ميلا في الساعة ٥٠٠ حصانا ولكن سرعة الرياح في اغلب ايام السنة لا تزيد عن ثمانية اميال في الساعة

٢٦ - استخراج حرارة الشمس لتوليد البخار - الطاقة الحرارية

التي تصل الكرة الارضية من الشمس في شكل اشعة حرارية هائلة المقدار ولكنها موزعة على مساحات هائلة ايضاً وتقدر كمية الطاقة التي تخص الفدان الواحد من اشعة الشمس



في يوم من ايام الصيف بما يربو على ٥٠٠٠ حصان ساعة ولكنه من الواضح انه لا يمكن جمع اشعة الشمس الواقعة على هذه الساحة وتسلطها على كمية من الماء لتبخيره بدون تكبد مصاريف هائلة . ومع ذلك فقد عملت تجارب عديدة في بلاد المكسيك وفي مصر (بالقرب من ضاحية المعادي)

شكل (٨) استعمال اشعة الشمس لتوليد البخار

لم تكال واحدة منها بالنجاح - فني التجارب التي عملت في المعادي كانت تجمع اشعة الشمس بواسطة مرايات على شكل احواض مستطيلة قطاع كل منها على شكل

قطع مكافئ . وتوضع انايب زجاجية بطول الاحواض عند بؤرة كل منها فتعكس اشعة الشمس من السطوح الداخلية للمرايا وتتركز على الانبوبة وبذلك تشتد الحرارة على الانبوبة وتتفد الى الماء فيتبخر - ويستعمل البخار الناتج لادارة محركات بخارية وقد بلغت قدرة هذه المحركات ٦٠ حصانا وكانت المساحة المشغولة بالمرايات تبلغ فداناً من الارض وبلغت تكاليف التجارب ما يقرب من ٢٠٠٠٠ جنيهها .

١٧ - مساقط المياه - تتجمع مياه الامطار في هضبات عالية في البقاع الجبلية في العالم ثم تنحدر بسرعة عظيمة الى الوديان فتكون اهارا تجري بسرعة بطيئة نوعا حتي تنساب الى البحر . وقد استعملت الطاقة المدخنة في المياه المتدفقة من اعلى الجبال وفي الشلالات في ادارة توربينات او محركات مائية . والبلاد الغنية بمساقط انياه هي الولايات المتحدة الامريكة وكندا حيث تستنبط قدرة تبلغ ٢٥٠٠٠٠ حصاناً من شلالات نياجرا ويلى تلك البلاد سويسرا حيث كل قرية سويسرية تضاء بالكهرباء وتسير القطارات على اغلب خطوطها الحديدية بالكهرباء وكلها مولدة من مساقط المياه ثم فرنسا الجنوبية الشرقية في جهات الألب ثم السويد والنرويج حيث تصنع الاسمدة الازوتية بالكهرباء المولدة من مساقط المياه . ولا توجد مساقط طبيعية للمياه في مصر غير ان المهندسين المصريين يفكرون في استخدام قوة اندفاع المياه من فتحات خزان اسوان وقت التحاريق في توليد الكهرباء - وأفترح حسين سري بك أخيراً إنشاء نفق يصل البحر الابيض المتوسط بمنخفض القطاره الواقع في الصحراء النربية وأستعمال قوة تدفق ماء البحر الى المنخفض في توليد الكهرباء - وتبلغ القدرة المستنبطة على هذا الوجه - بحسب تقدير سري بك ٢٠٠٠٠٠ كيلوات تستعمل اقل من نصفها في كهربة خطوط السكك الحديدية بالدلتا وأضاءة المراكز وعواصم المديریات والقرى الكبيرة بالكهرباء - ورفع المياه اللازمة للري وللشرب - وصرف الأراضى ويستعمل الباقي في أحياء الصناعات المصرية وصناعة الأسمدة الازوتية الخ . ولا يزال المشروع تحت الدرس والتمحيص .

٢٨ - الطاقة الذرية للمادة - يتضح مما سبق أنه فيما عدا المساقط الطبيعية للمياه ليس أمام العالم الآن مورد للطاقة سوى الوقود بأنواعه، وحيث أنه لا بد من نفاذ هذا الوقود عاجلاً أو آجلاً لذلك نجد العلماء والمخترعون في أنحاء العالم المتمدين جادين البحث عن مورد جديد للطاقة لا يسهل نفاذه وقد أسفرت بعض الأبحاث الطبيعية عن الأمل في الانتفاع بالطاقة الذرية للمادة . ولكي يفهم القاري معنى الطاقة الذرية للمادة نذكر أنه ثبت الآن أن ذرة المادة وكانت منذ عشرين سنة تعتبر أصغر جزء للمادة أي لا يمكن تجزئتها - مكونة من كهربات في حركة مستمرة حول نواة ثابتة كما تدور الكواكب حول الشمس في عالمنا هذا . وقد وجد أيضاً أنه من الصعب الأمور فصل النواة من الذرة ولكن قد تمكن بعضهم من ذلك فعلاً بعد جهد جهيد وأثبت أن بهذا الفصل تنتج كمية معينة من الطاقة سميت الطاقة الذرية .

وليس من المستبعد أن يسهل على علماء الأجيال القادمة ما صعب على علماء العصر الحاضر ويتمكنون من استخلاص الطاقة الذرية التي تكفي احتياجات العالم من قليل من المادة .

الفصل الثالث

توليد البخار - المراحل

٢٩ - كمية الحرارة اللازمة لتبخير الماء : إذا سلط منبع حرارة على كمية من الماء فالمشاهد أولاً - أن ترتفع درجة حرارة الماء الى أن تصل لدرجة التبخر وهذه الدرجة تتوقف على الضغط فوق سطح الماء فإذا كان الضغط جويًا تكون درجة التبخر ١٠٠ مئيتية ولكل ضغط درجة معينة يتبخر عندها الماء ولا يوجد قانونًا مضبوطًا يحدد العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة ولكن هناك جداول عمياء سيأتي الكلام على كيفية استعمالها فيما بعد .

لتكن T_1 - درجة حرارة الماء الطبيعية

T_2 - الحرارة التي تبخر عندها الماء بمقياس مئيتي

W - وزن الماء بالكيلو جرام

S - الحرارة النوعية للماء وتساوي ١,٠٠ تقريباً إذا كان الماء نقياً

.. كمية الحرارة التي يمتصها الماء في ارتفاع درجة حرارته من T_1 الى

T_2 يعبر عنها بالمعادلة $H = W \times S \times (T_2 - T_1)$

$H = (T_2 - T_1) \times W$ كالوري

وتسمى هذه الحرارة بالحرارة المحسوسة

وأذا استمر تسليط الحرارة على الماء بعد ذلك فإن درجة الحرارة T_2 تظل ثابتة ولكن طبيعة الماء تتغير إذ يتحول من سائل الى غاز يسمى بخاراً ويستمر هذا التغير الى أن يتحول الماء بأجمعه الى بخار وتسمى الحرارة التي يمتصها الماء على هذا الوجه بالحرارة الكامنة ويرمز لها بالحرف L ويعبر عنها بالمعادلة العملية الآتية لكل كيلو جرام من الماء

$$n = 60.65 - 0.695 \text{ } t_2 \text{ حيث } t_2 \text{ درجة حرارة التبخر}$$
 فتكون بذلك جملة الحرارة التي أمتصها الماء ليتحول الى بخار معبرا عنها بالمعادلة

$$E = 1 + n + (t_2 - t_1) + (60.65 - 0.695 \text{ } t_2) \}$$
 ويقال للبخار المتكون على هذا الوجه بخار مشبع فأذا لم يكن به أثر للماء
 الذي تكون منه يسمى بخارا مشبعا مافا اما اذا احتوى على نسبة صغيرة من
 رذاذ الماء فإنه يسمى بخارا مشبعا رطبا وتعين درجة رطوبة البخار من
 نسبة هفافه فمتدا يقال مثلا أن نسبة جفاف البخار 0.95 تكون كمية الماء
 السائل الذي تحتويه كل وحدة من البخار المذكور 0.05 من الوحدة وتكون
 الحرارة الكلية لكل كيلو جرام من هذا البخار هي :

$$E = 1 + (t_2 - t_1) + 0.95 (60.65 - 0.695 \text{ } t_2) \text{ كالوري}$$
 ويظهر بالجدول المبين بصفحتي ٣٠٤٢٩ الارتباط بين الضغط ودرجة حرارة
 التبخر والحرارة الكامنة والحرارة الكلية بالكالوري لكل كيلو جرام من البخار
 المشبع الجاف المكون من ماء درجة حرارته صفرا

٣٠ - البخار الممحصى - اذا استمر تسليط الحرارة بعد تحويل
 كمية الماء بأجمعها الى بخار فإن درجة حرارة البخار تزداد عن درجة التبخر
 المذكورة في الجدول ويقال للبخار حينئذ ممحصا وكمية الحرارة التي يمتصها البخار
 في التحميص هي

$$E_2 = w \times s_1 (t_2 - t_1) \text{ كالوري}$$

حيث s_1 هي الحرارة النوعية للبخار وتساوي 0.48 تقريباً

t_1 درجة حرارة التحميص بالسنتيجراد

وبذلك تصبح الحرارة الكلية للكيلوجرام من البخار المحمص معبرا عنها بالمعادلة

$$E = (T_2 - T_1) + (66.5 - 66.5 \times 0.795) + 0.48(T_3 - T_2) \text{ كالوري}$$

$$= \text{الحرارة المحسوسة} + \text{الحرارة الكامنة} + \text{حرارة التحميص}$$

مثال : أستخدم جدول خواص البخار في إيجاد الحرارة الكلية للكيلوجرام من البخار في الأحوال الآتية مع العلم بأن درجة حرارة الماء الأصلية هي ٢٤ مئيتية :

- أ - بخارا مشبعا جافا على ضغط مطلق ٧.٥ كيلو جراما على السنتيمتر المربع
ب - بخارا مشبعا رطبا على ضغط مطلق ٤.٠ كج على السنتيمتر المربع ودرجة جفافه ٩١.٠

ج - بخارا محمصا إلى ٢٥٠ مئيتية وضغط المطلق ١٣.٠ كج على السنتيمتر المربع
الحل : أ - يتضح من جدول خواص البخار المشبع أن الحرارة الكلية للبخار المذكور هي ٦٦٢.٨ كالوري بأعتباره ناتجا من ماء على درجة الصفر .
∴ الحرارة الكلية للكيلوجرام من البخار المتكون من ماء على درجة حرارة ٢٤ سنتيجراد

$$= 662.8 - 24 = 638.8 \text{ كالوري}$$

$$C - E = 144.2 + 0.91 \times 511.2 - 24$$

$$= 586.2 \text{ كالوري}$$

$$D - E = 669.0 + 0.48(190.6 - 250) - 24$$

$$= 673.5 \text{ كالوري}$$

جدول خواص البخار المشبع

الحرارة الكلية كالوري	الحرارة الكامنة كالوري	الحرارة المحسوسة كالوري	درجة حرارة البخار درجة مئوية	الضغط المطلق بالكيلو جرام على الستيمتر المربع
٦٠٢,٨	٥٨٥,٥	١٧,٣	١٧,٣	٠,٠٢
٦٠٨,٢	٥٧٩,٤	٢٨,٨	٢٨,٨	٠,٠٤
٦١١,٦	٥٧٥,٦	٣٦,٠	٣٦,٠	٠,٠٦
٦١٤,١	٥٧٢,٧	٤١,٤	٤١,٣	٠,٠٨
٦١٦,١	٥٧٠,٤	٤٥,٧	٤٥,٦	٠,١٠
٦٢٢,٥	٥٦٢,٦	٥٩,٩	٥٩,٨	٠,٢٠
٦٢٦,٤	٥٥٧,٥	٦٨,٩	٦٨,٧	٠,٣٠
٦٢٩,٤	٥٥٣,٧	٧٥,٧	٧٥,٥	٠,٤٠
٦٣١,٧	٥٥٠,٥	٨١,٢	٨٠,٩	٠,٥٠
٦٣٣,٧	٥٤٧,٨	٨٥,٨	٨٥,٥	٠,٦٠
٦٣٥,٤	٥٤٥,٥	٨٩,٩	٨٩,٥	٠,٧٠
٦٣٦,٨	٥٤٣,٣	٩٣,٥	٩٣,٠	٠,٨٠
٦٣٨,١	٥٤١,٤	٩٦,٧	٩٦,٢	٠,٩٠
٦٣٩,٣	٥٣٩,٧	٩٩,٦	٩٩,١	١,٠٠
٦٤٣,٧	٥٣٢,٤	١١١,٣	١١٠,٨	١,٥
٦٤٧,٢	٥٢٦,٨	١٢٠,٤	١١٩,٩	٢,٠
٦٤٩,٩	٥٢٢,٢	١٢٧,٧	١٢٦,٧	٢,٥
٦٥٢,٠	٥١٨,١	١٣٣,٩	١٣٢,٨	٣,٠
٦٥٣,٩	٥١٤,٥	١٣٩,٤	١٣٨,١	٣,٥

تابع جدول خواص البخار المشبع

الحرارة الكامنة كالوري	الحرارة الكامنة كالوري	الحرارة المحسوسة كالوري	درجة حرارة التبخر درجة مئوية	الضغط المطلق بالكيلو جرام على الستيمتر المربع
٦٥٥,٤	٥١١,٢	١٤٤,٢	١٤٢,٨	٤,٠
٦٥٦,٨	٥٠٨,٢	١٤٨,٦	١٤٧,١	٤,٥
٦٥٨,١	٥٠٥,٥	١٥٢,٦	١٥١,٠	٥,٠
٦٥٩,٢	٥٠٢,٩	١٥٦,٣	١٥٤,٦	٥,٥
٦٦٠,٢	٥٠٠,٤	١٥٩,٨	١٥٧,٩	٦,٠
٦٦١,١	٤٩٨,١	١٦٣,٠	١٦١,١	٦,٥
٦٦٢,٠	٤٩٥,٩	١٦٦,١	١٦٤,٥	٧,٠
٦٦٢,٨	٤٩٣,٩	١٦٨,٩	١٦٦,٨	٧,٥
٦٦٣,٥	٤٩١,٨	١٧١,٧	١٦٩,٥	٨,٠
٦٦٤,٩	٤٨٨,١	١٧٦,٨	١٧٤,٤	٩,٠
٦٦٦,١	٤٨٤,٦	١٨١,٥	١٧٨,٩	١٠,٠
٦٦٧,١	٤٨١,٣	١٨٥,٨	١٨٣,١	١١,٠
٦٦٨,١	٤٧٨,٢	١٨٩,٩	١٨٦,٩	١٢,٠
٦٦٩,٠	٤٧٥,٣	١٩٣,٧	١٩٠,٦	١٣,٠
٦٦٩,٧	٤٧٢,٥	١٩٧,٢	١٩٤,٠	١٤,٠
٦٧٠,٥	٤٦٩,٨	٢٠٠,٧	١٩٧,٢	١٥,٠
٦٧١,٢	٤٦٧,٣	٢٠٣,٩	٢٠٠,٣	١٦,٠
٦٧٢,٤	٤٦٢,٤	٢١٠,٠	٢٠٦,١	١٨,٠
٦٧٣,٣	٤٥٧,٨	٢١٥,٥	٢١١,٣	٢٠,٠

٣١ - مراحل توليد البخار - تنقسم المراحل الى قسمين رئيسيين:

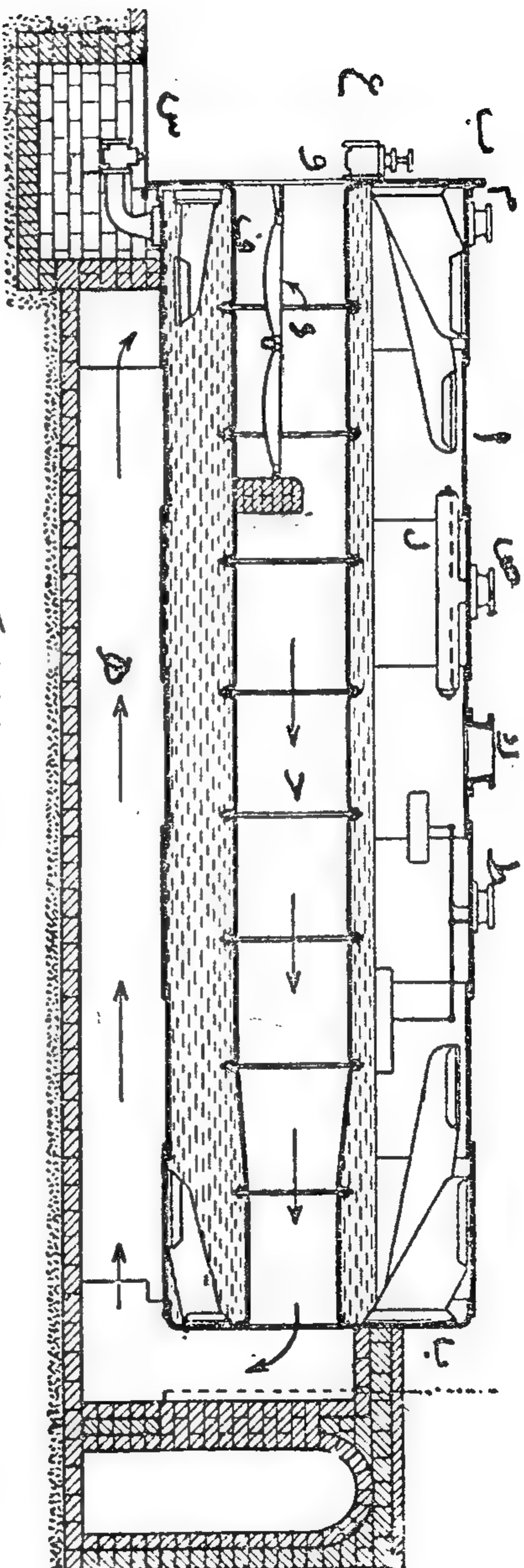
١ - المراحل ذات مواسير اللهب وهي التي تكون فيها دورة غازات الاحتراق داخل مواسير كبيرة أو صغيرة يحيط بها الماء مثل مرجل كورنش ولا نكشير ومرجل القاطره النخ .

٢ - المراحل ذات مواسير الماء وهي التي تكون فيها دورة الماء داخل انابيب ضيقة بينما تتخلل غازات الاحتراق بين هذه الانابيب مثل مرجل بابكوك وويل-كوكس ومرجل ستيرلنج ومرجل ثورنيكروفت البحري النخ .

٣٢ - مرجل لا نكشير - كان أول استعمال لهذا المرجل في مقاطعة

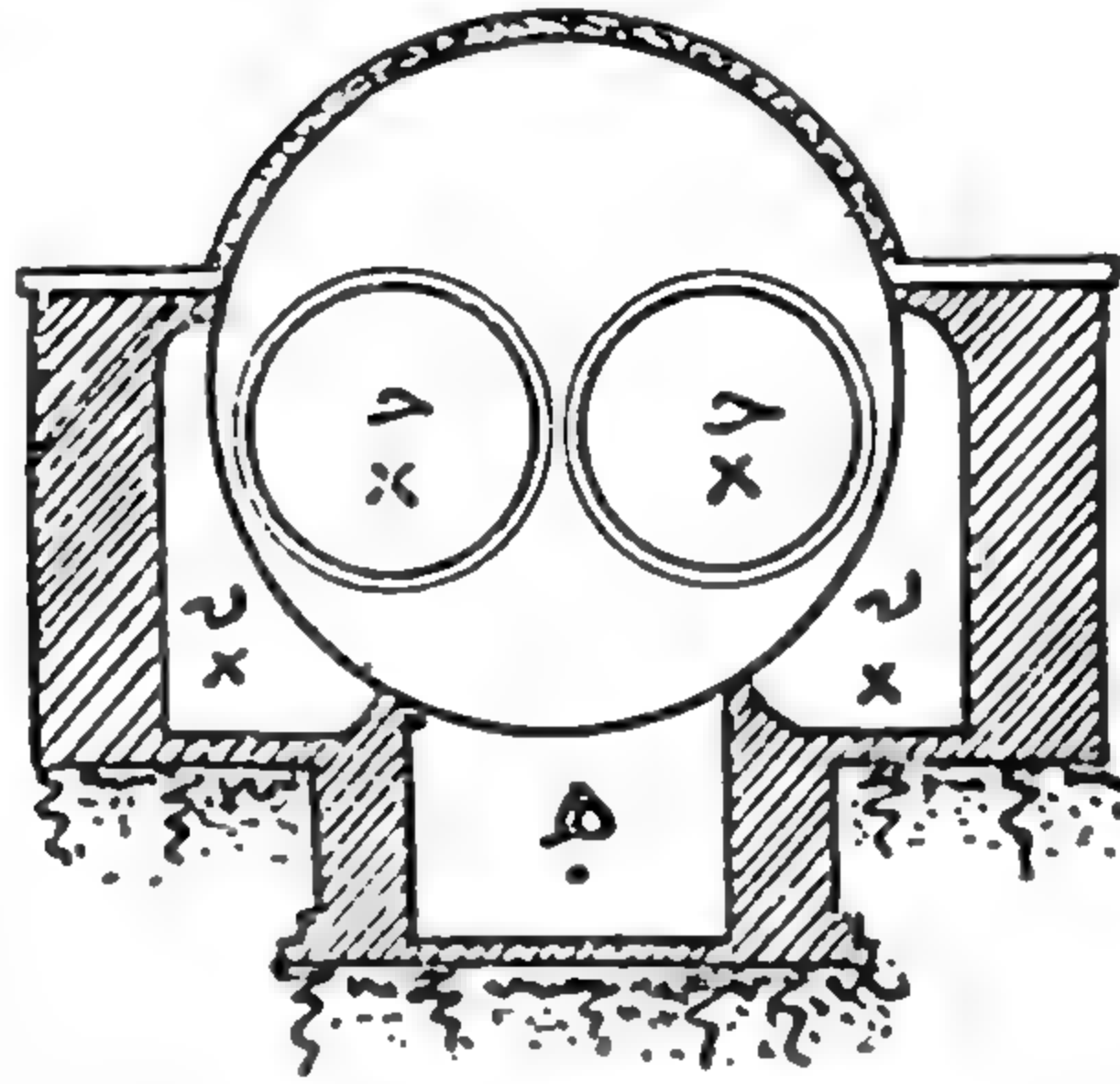
لانكشير في إنجلترا ولذا سمي بهذا الاسم ويتكون من غلاف اسطوانى خارجي (١) من الصلب الطري يبلغ قطره ثمانية أقدام وطوله ثلاثون قدما وتقفله نهايتي الغلاف أما بقرصين مسطحين من الصاج أو بغطائين محدبين (ب) (شكل ٩) ويمتد داخل الغلاف ومن طرف الى آخر ماسورتى اللهب (ج) وتثبت مصبغات النار (د) في الربع الامامي لكل من ماسورتى اللهب . ويوضع المرجل على قاعدة مبنية بالطوب ومبطنة بطوب الحرارة (شكل ٩، ١٠) تسمح بمرور غازات الاحتراق على الوجه الآتي:

تسير الغازات داخل الماسورتين جـ من الامام الى الخلف ثم تنجمع في الخلف وتعود الى قرب المقدمة في المجرى هـ تحت غلاف المرجل ثم تنقسم الى تيارين يسير كل منهما في مجرى هـ على جانبي الغلاف حتى نهاية المرجل حيث يجتمعا في الانصراف الى المدخنة .

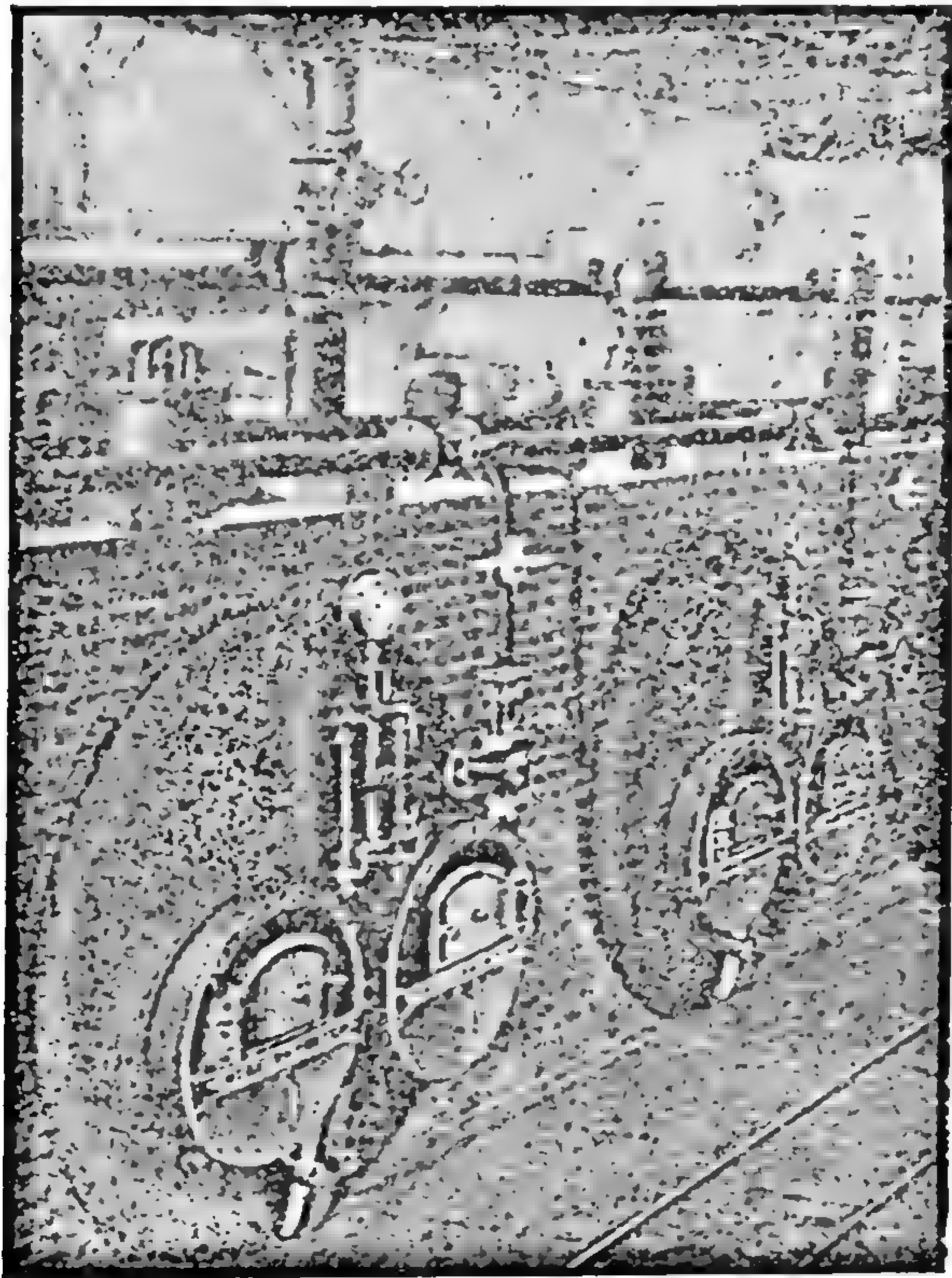


شكل ب - - مرجل من طراز لا شكير

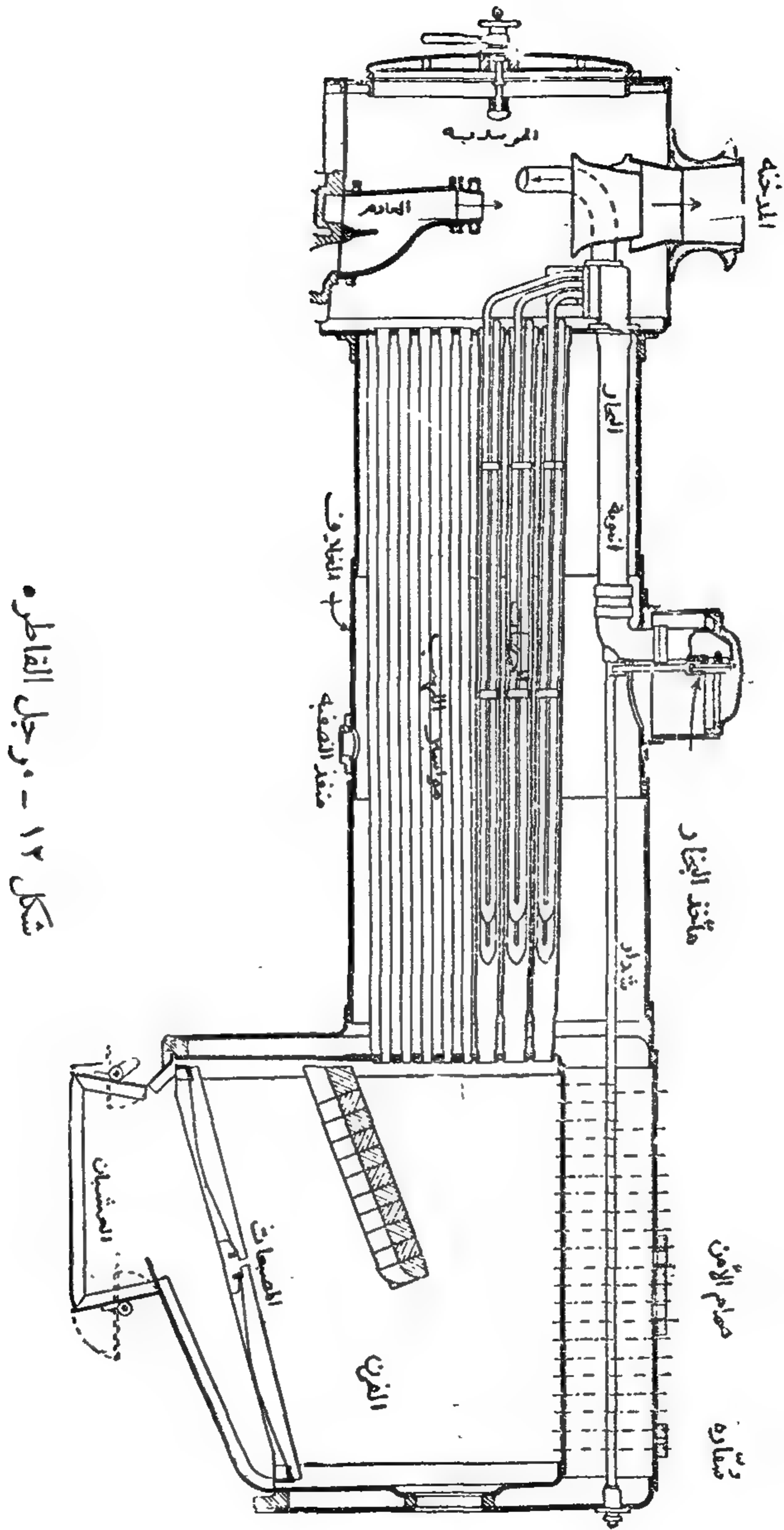
- | | | |
|-----------------|---------------------------|-----------------------|
| ك - باب التنظيف | و - باب الوقود | ١ - غلاف خارجي |
| ل - مأخذ البخار | ز - صام أمّ | ب - غطاءين |
| س - صام حابس | ط - صام آمن ذو رافعة ونبه | ح - إحدى ماسوري الذهب |
| س - حنفية تصفية | لا انخفاض مستوي الماء | د - مصبات النار |
| | | هـ - تجمع الرماد |



شكل ١٠ - قطاع عرضي عند منتصف المرحل



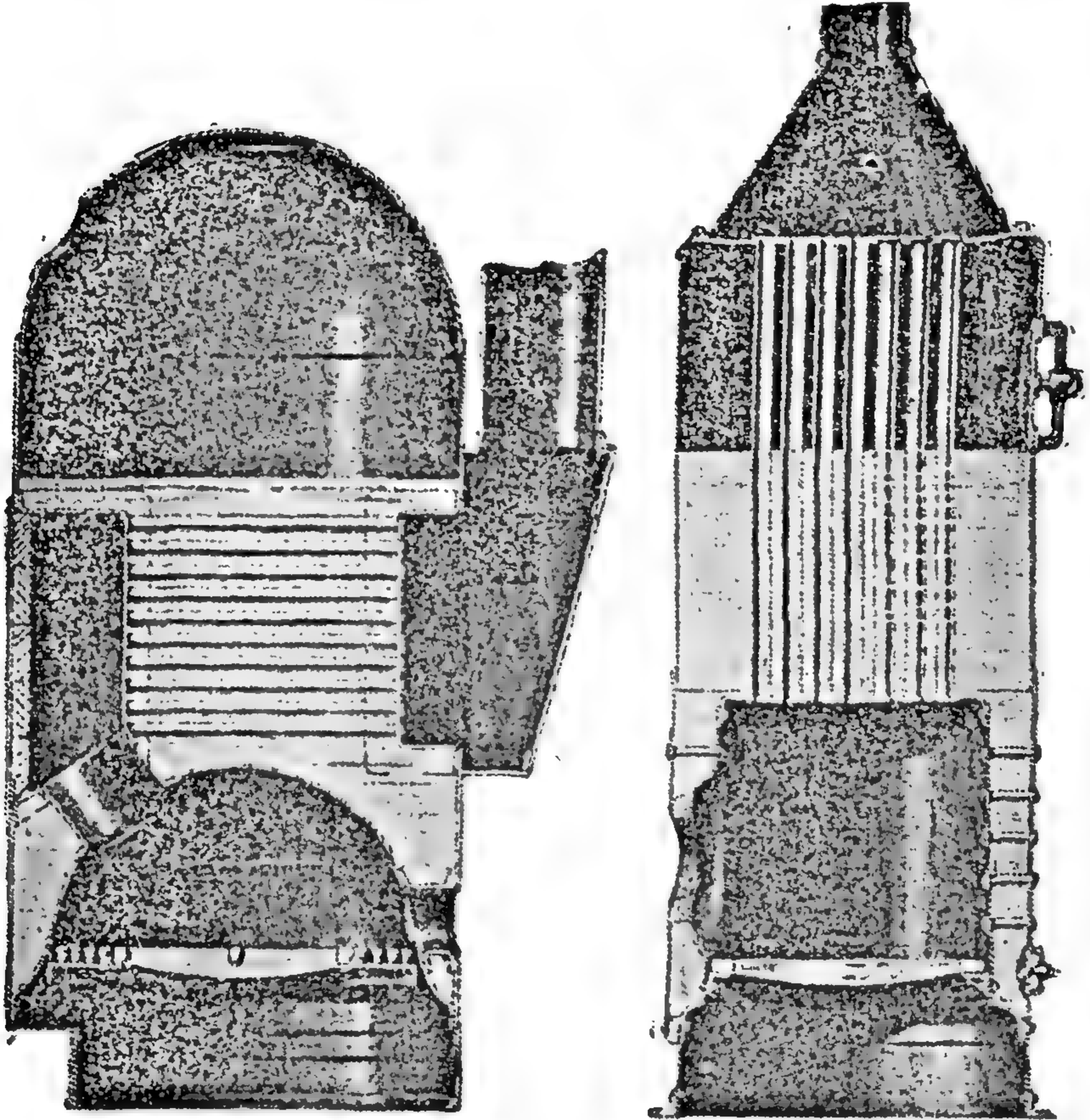
شكل ١١ - منظر امامي لجانب من بطارية مراجل لانكشير



شكل ١٢ - مرجل الفاطر.

٣٣ - مرجل الفاطر - يتكون هذا المرجل (شكل ١٢) من غلاف اسطوانى يحتوي على عدد عظيم من مواسير الدخان التي لا يزيد قطرها عن ثلاث بوصات تقريباً. وأخذ هذه المواسير من الفرن المستطيل القطاع وتنتهي الى

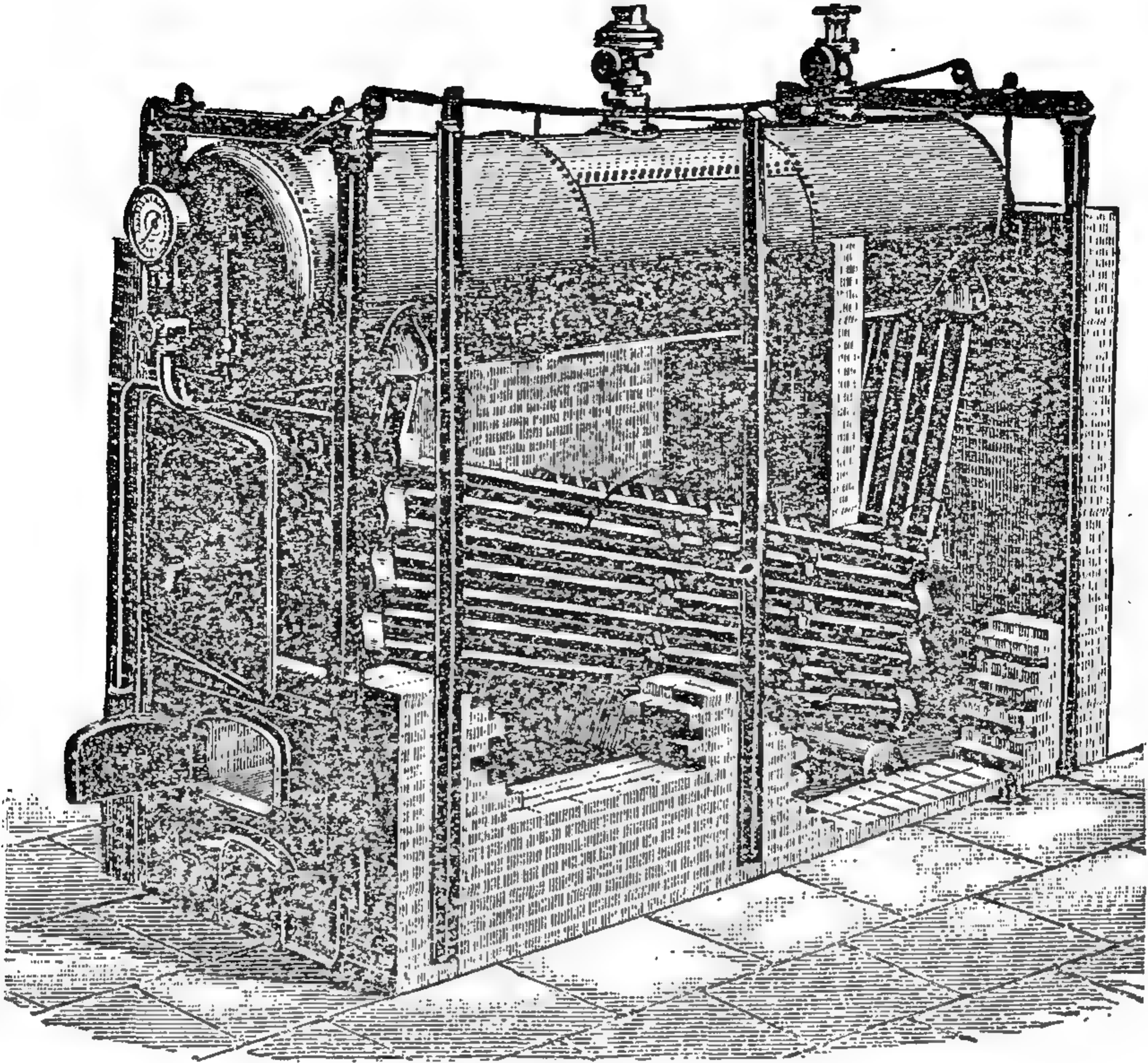
الجربندية (علبه الدخان) في مقدمة القاطرة . فبذلك تنقسم غازات الاحتراق الى تيارات صغيرة تسير داخل مواسير الدخان من الفرن الى الجربندية حيث تنصرف من المدخنة بعدما تنبذ معظم حرارتها الى الماء الذي يشغل الحيز المتكون بين المواسير والغلاف الخارجي .



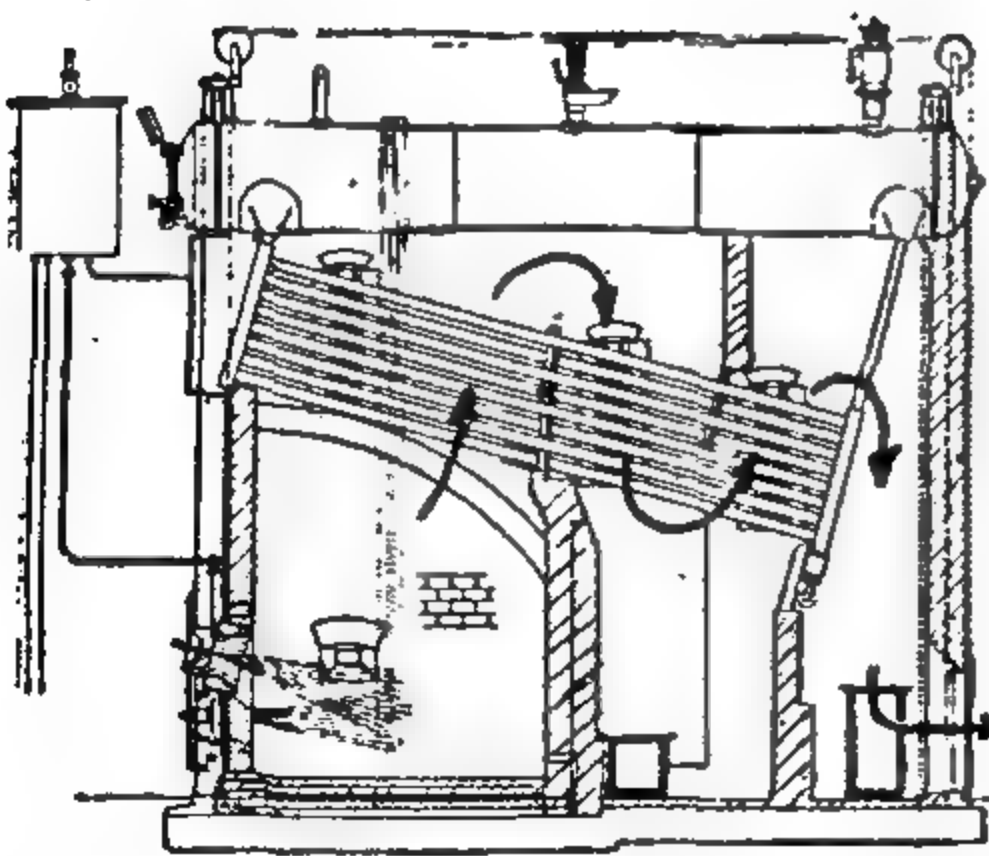
شكل ١٤ - مرجل كوكران

شكل ١٣ - مرجل رأسي

٣٤ - المراحل الرأسية الصغيرة - تستعمل هذه المراحل بكثرة في مصر لتصغر حجمها وقلة العناية التي تتطلبها في تشغيلها - وشكلي ١٤ و ١٣ يبينان نوعين منها لا يختلفان عن بعضهما الا في التفاصيل الانشائية. فهي مكوّنة من غلاف اسطواناني رأسي داخله فرن أما على شكل اسطواناني أو نصف كروي وتخرج غازات الاحتراق مواسير ضيقة عديدة أفقية أو رأسية قبل تقاذفها الى المدخنة .

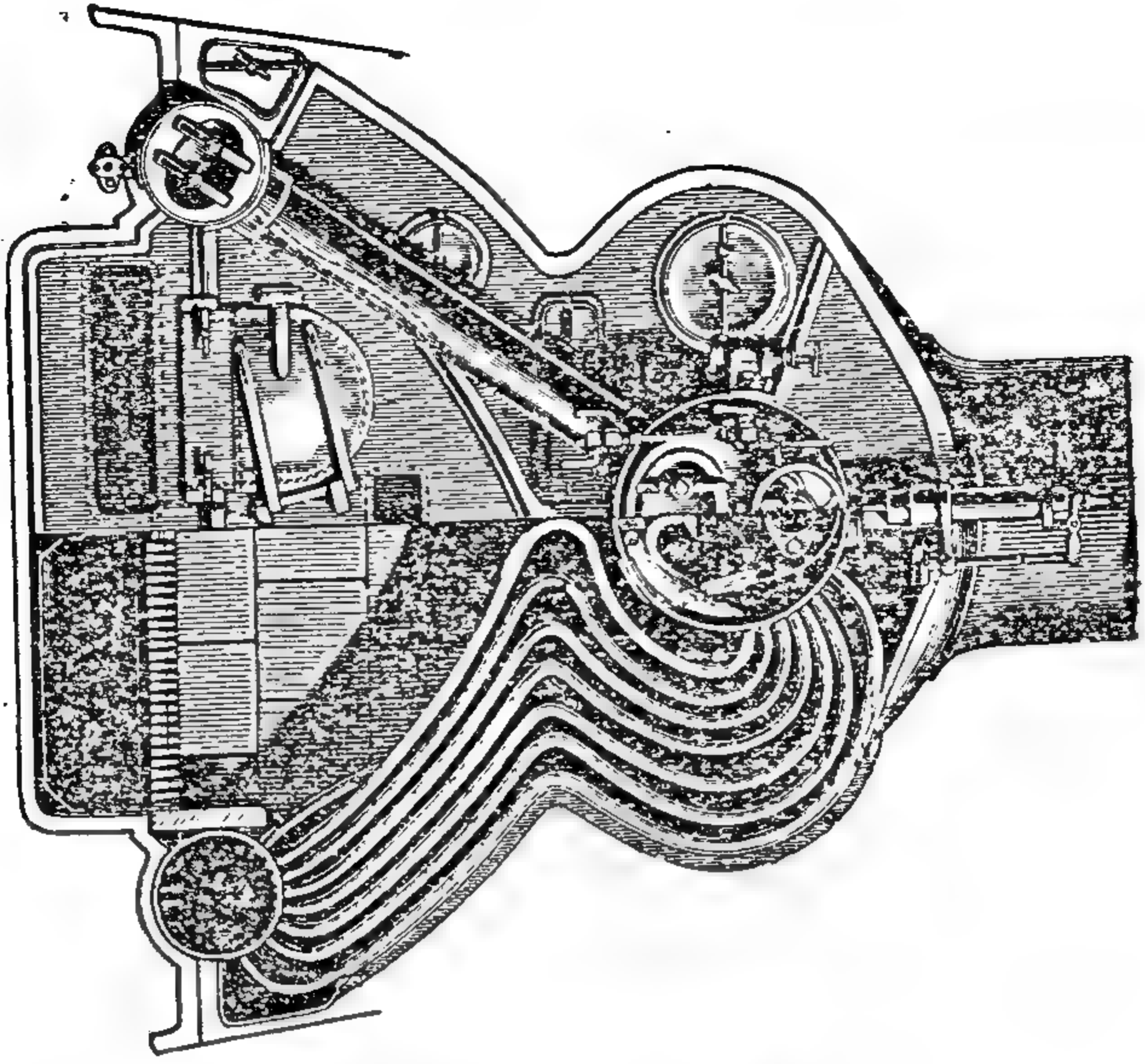


شكل ١٥ - مرجل بابكوك وويلكوكس

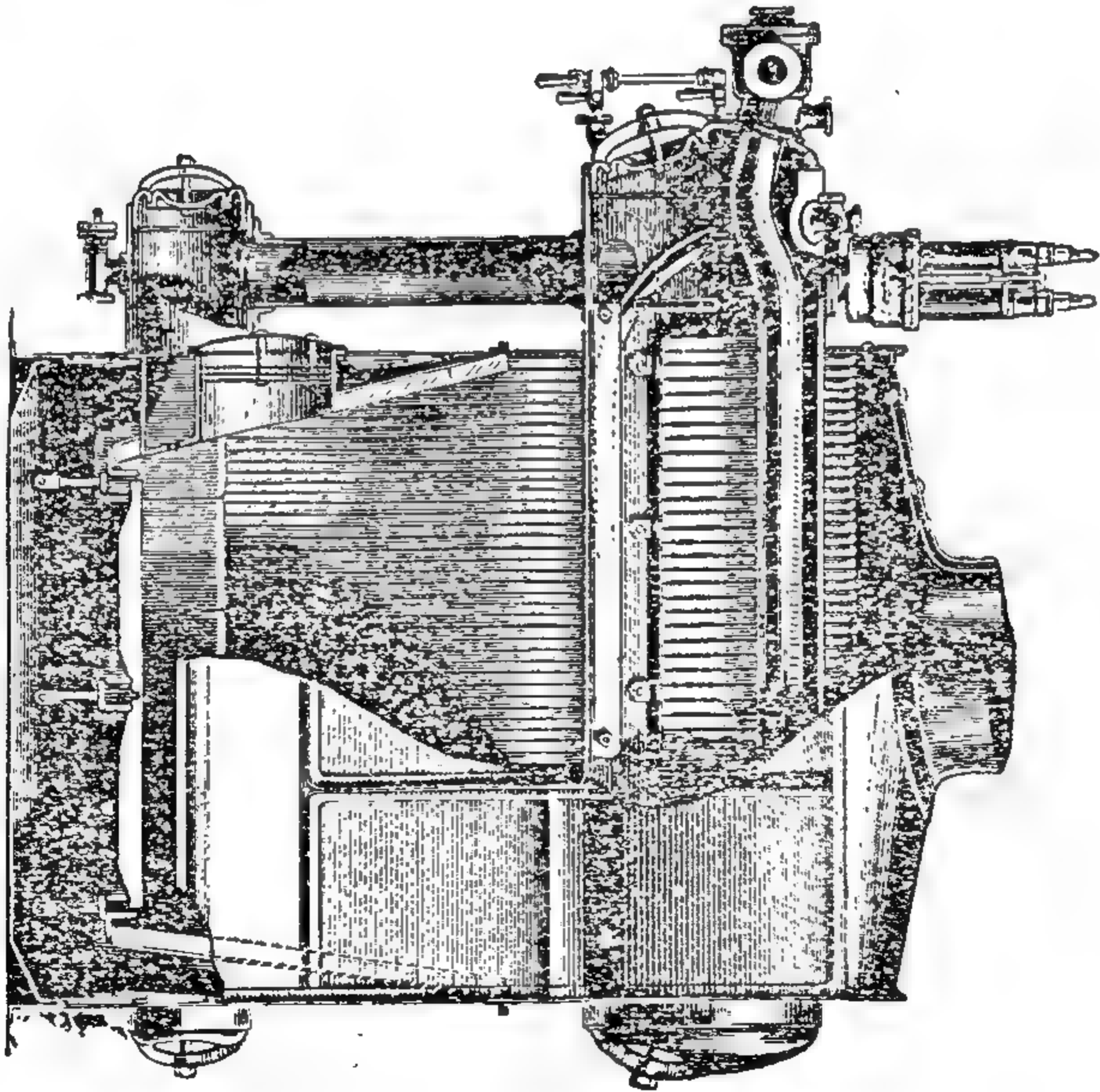


٣٥ - مرجل بابكوك وويلكوكس -

وهو من النوع ذي مواسير المياه ويتكون من عدة مواسير مائلة ومتصلة ببعضها ببعض وبأسطوانة أفقية للبخار والماء بواسطة ممرات رأسية عند كل من طرفي المواسير . وهناك مستودع اسطواناني للراوسب موضوع في أوطا شكل ١٦ - مرجل بابكوك معد لحرق المازوت نقطة في المرجل - ونجبر غازات الاحتراق على اتخاذ طريق ملتوي كما هو مبين في شكل ١٥ و ١٦ بواسطة قواطع من طوب الحرارة أو الطين الأسوانلي .



شكل ١٧ - مرجل ثورنيكر وفنت البحري



٣٦ - مرجل ثورنيكر وفنت البحري - وهو مكون من ثلاثة اسطوانات
مكونة لردوس مئاة متساوي الاضلاع والاسطوانة العليا معدة للماء والبخار معا
بينما تتجمع الرواسب في الاسطوانتين السفليتين وتتصل الاسطوانة العليا بكل

من السفليتين (أولاً) بماسورة غليظة خارج الفرن (وثانياً) بعدد عظيم من المواسير الرفيعة (قطر كل منها $1\frac{1}{4}$ بوصة) وهذه المواسير مقوسة بشكل معين لتؤدي غرضين أولهما أنها تكون سقف الفرن وثانيهما أنها تضطر غازات الاحتراق الى النفاذ من خلال أكبر عدد ممكن من المواسير قبل الهروب من المدخنة . ويستعمل هذا النوع من المراجل في المراكب الحربية لسرعة توليدها للبخار وخفة وزنها وقدرتها العظيمة على حرق كميات هائلة من الوقود عندما يشتد الطلب على البخار .

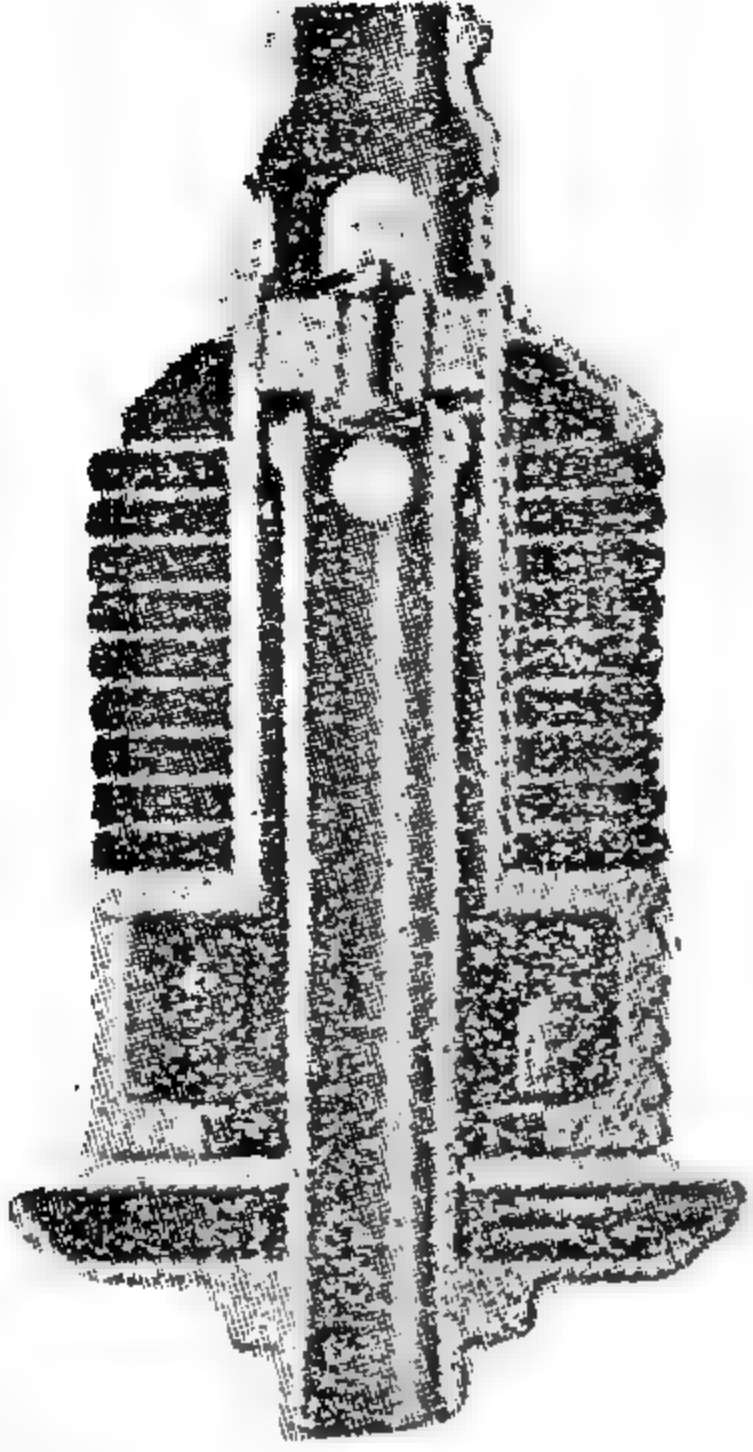
٣٧ - مقارنة بين

المراجل ذات مواسير المياه	المراجل ذات مواسير الفحم
١ - يمكن استعمالها لتوليد البخار ذي الضغط العالي بدون خطر الانفجار وذلك لأن سمك الألواح في أى مرجل أسطوانى يتناسب مع الضغط والقطر وحيث أن اقطار أسطوانات البخار في هذه المراجل دائماً أقل من المتر فبذلك يمكن لمرجل ذى الواح رفيعة أن يتحمل ضغطاً عظيماً . مثال ذلك :	١ - لا تستعمل الا لتوليد البخار ذي الضغط المنخفض اي اقل من ١٦ كيلو جراماً على السنتيمتر المربع .
إذا كان ضغط البخار ١٦ كيلوجراماً على السنتيمتر المربع فيجب أن يكون سمك الواح اسطوانة المرجل التي قطرها ١٢٠ سنتيمتراً ٨ ملليمترات والتي قطرها ٥ أمتار ٦٧ ملليمتراً .	

- ٢ - انفجار المرجل اقل خطراً في هذا النوع مما في المراجل ذات مواسير الدخان لان كمية المياه والبخار فيها اقل .
- ٣ - سرعة توليد البخار لان كمية الماء داخل المواسير اقل ولان دورة الماء اسرع بكثير .
- ٤ - سهولة نقائها وتركيبها وتصايح ما يتلف من اجزائها .
- ٥ - اخف وزناً وتشغل حيزاً اقل لذلك كانت اساساتها ومبانيها اقل كلفة من النوع الآخر .
- ٦ - يمكن لمرجل كبير من هذا النوع توليد من ١٠٠٠٠ الى ١٥٠٠٠ كيلو جرام من البخار في الساعة
- ٧ - لقلة كمية الماء في هذا النوع يجب العناية التامة بحفظ منسوب الماء فيها بتغذيتها باستمرار اذ لو انقطع ماء التغذية كلية لتبخر الماء الذي بداخل المرجل في خمس دقائق وحرقت المواسير .
- ٨ - ضرورة تغذية هذا النوع بماء نقي اي خال من الرواسب والاملاح لان وجود ولو نسبة ضئيلة منها ينشأ عنه انسداد المواسير ثم تعطيل دورة الماء ثم حرق المواسير .
- ٩ - حيث ان مواسير هذا النوع رفيعة السمك فان نسبة تأكلها كبيراً .
- ٢ - الاخطار الناشئة من انفجار المرجل اشد فتكاً بالمتاع والارواح لضخامة كمية الماء والبخار التي تحتويها .
- ٣ - تحتاج الى زمن طويل لتوليد البخار .
- ٤ - متعبة جداً في النقل والتركيب لضخامتها وعدم امكان فك اجزائها . ثم ان اصلاح اي جزء منها يحتاج الى عناء ووقت طويل .
- ٥ - اكبر حجماً ووزناً .
- ٦ - بينما اكبر مرجل من هذا النوع يولد على الاكثر ٦٠٠٠ كيلو جرام من البخار في الساعة .
- ٧ - لا يوجد هذا الخطر .
- ٨ - نقاوة ماء التغذية ليست لها نفس الاعمية لانه لا توجد مسافات ضيقة داخل المرجل .
- ٩ - نسبة التأكل بسيطة ولذا كانت هذه المراجل اطول عمراً .

التراكيب المثبتة في المراجل

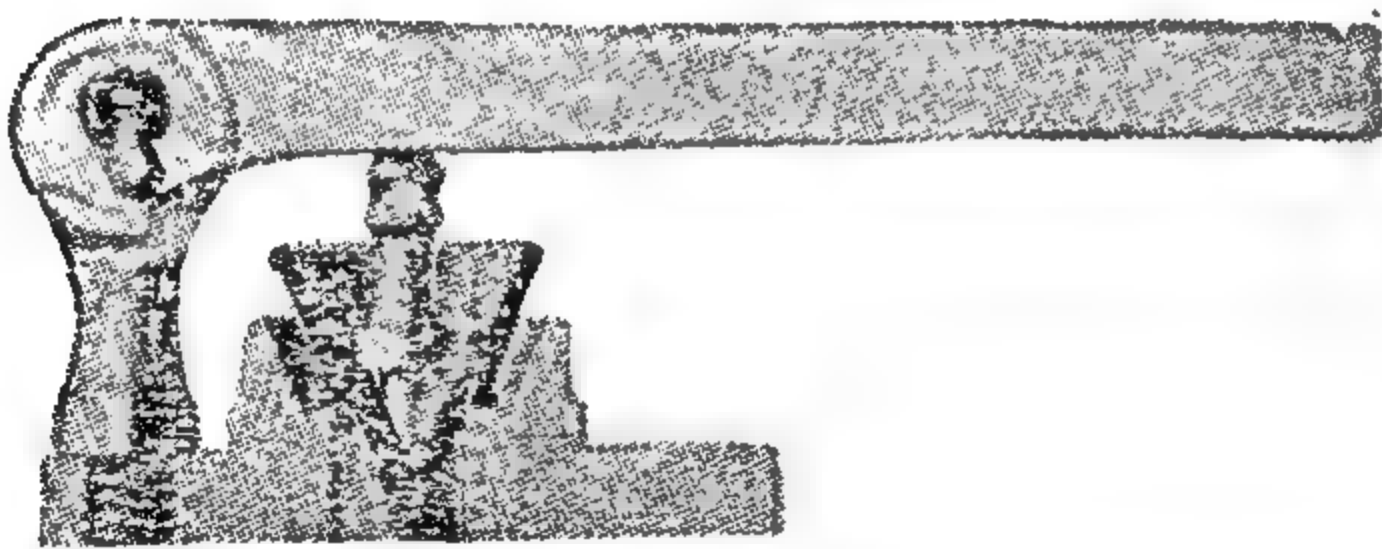
يجب ان يكون بكل مرجل التراكيب الآتي يانها مع وظائف كل منها : -



شكل ١٨ - صمام ذو حمل مباشر

٣٨ - صمام أمن - لتصريف البخار اذا زاد

ضغطه داخل المرجل عن حد التشغيل وذلك حفظا لسلامة العمال ومنعا لاضرار الفرقعة التي تحدث من جراء زيادة الضغط ونظرية أصمة الامن على اختلاف أنواعها هي أن يسلط ضغط على صمام يغطي فتحة موصلة لحيز البخار في المرجل بحيث أن هذا الضغط يكون مساويا لمساحة الفتحة مضروبا في الضغط الخطر الذي يراد تصريف البخار عنده مقدرا بوحدة



شكل ١٩ - صمام ذو رافعة

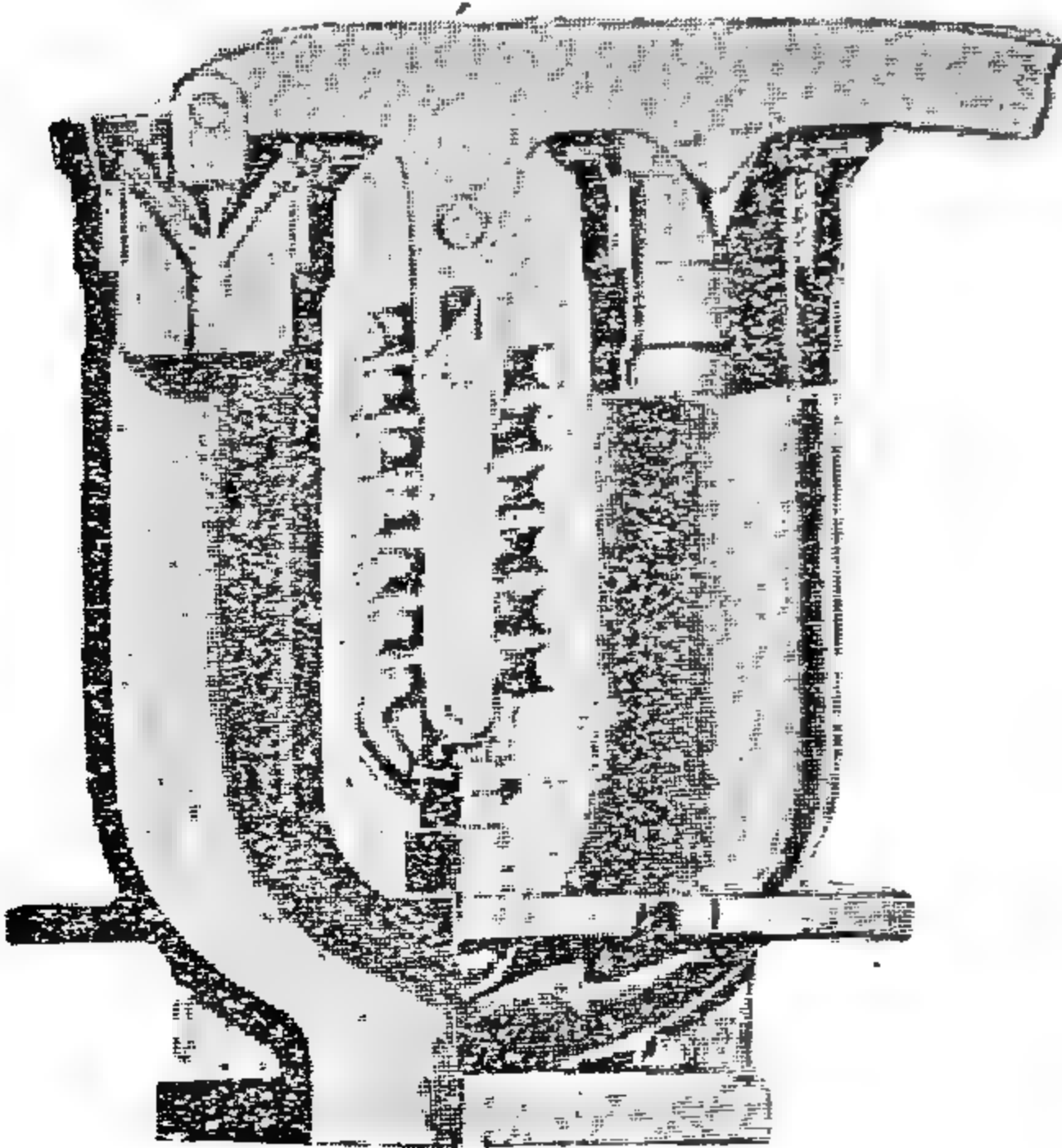
الضغط على وحدة المساحة ولا يختلف صمام أمن عن آخر الا في طريقة تسليط الضغط الحابس .

والاشكال من ١٨ الى ٢٠ تبين

الثلاثة أنواع الشائعة للاستعمال في المراجل .

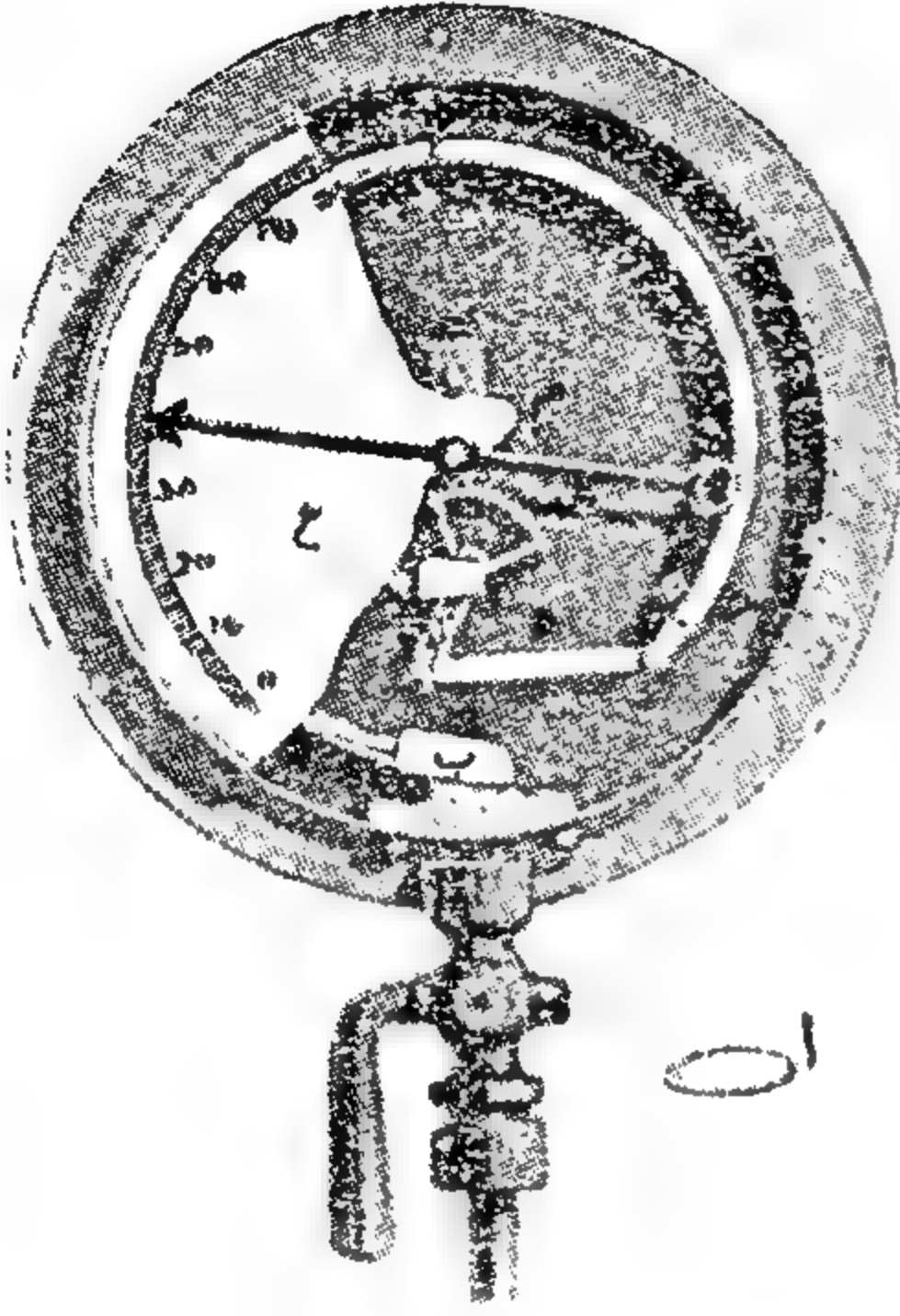
وفي الصمام ذو الحمل المباشر (شكل ١٨) يتخذ الضغط الحابس للصمام شكل اثنال توضع بحيث تؤثر على الصمام مباشرة .

وفي الصمام ذو الرافعة (شكل ١٩) يسلط الضغط الحابس بواسطة رافعه تحمل ثقلا عند احد طرفيها .



شكل ٢٠ - صمام ذو زميلك

وفي الصمام ذي الزمبلك - (شكل ٢٠) يضغط الصمام بواسطة زمبلك قوى أحد طرفيه مثبت في جسم الصمام والطرف الثاني يشد رافعة تضغط على صمامين صغيرين .

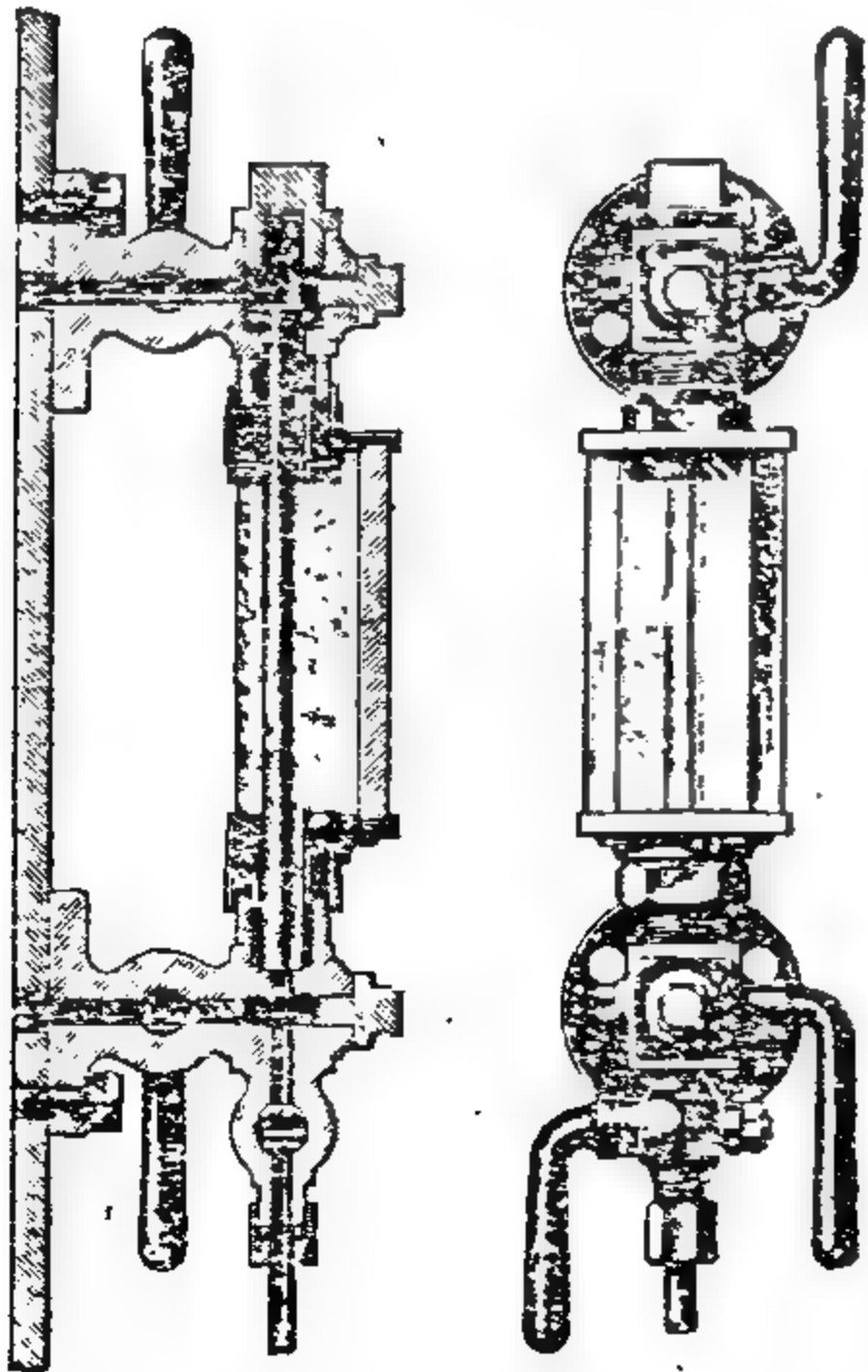


شكل ١١ - مقياس الضغط

٣٩ - مقياس الضغط - ويركب في

واجهة المرجل للدلالة على ضغط البخار ونظرية أغلب هذه المقاييس تنحصر في السماح لماء البخار بالنفاذ الى انبوبة مفرطحة القطاع ومقوسة الى ما يقرب من دائرة كاملة (ا ح) وبهذه الكيفية تميل الانبوبة الى الانقراج تحت تأثير الضغط الداخلي فيها . وحيث أن أحد طرفيها (ب) مثبت في جسم المقياس ينتج أن الطرف

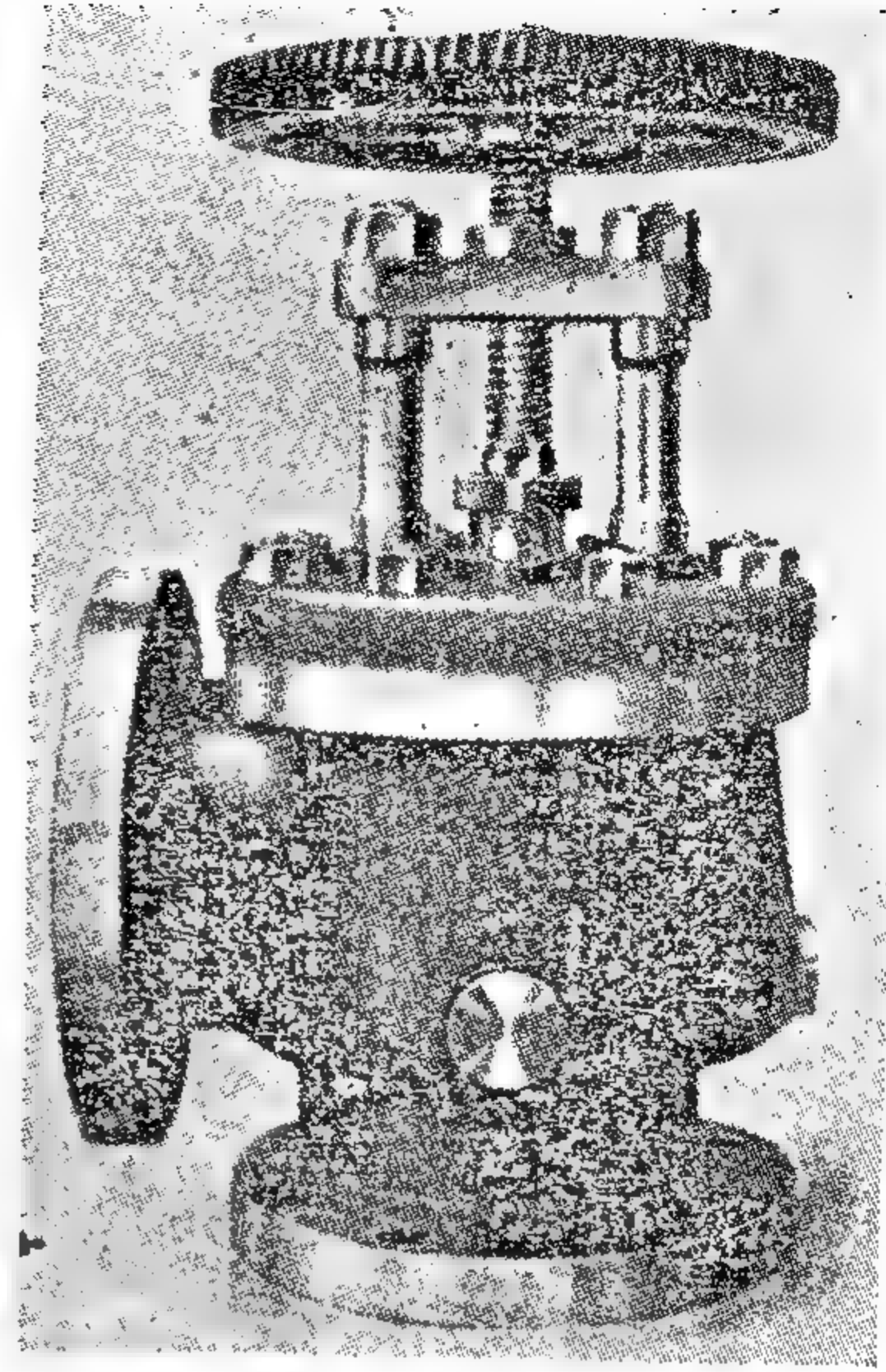
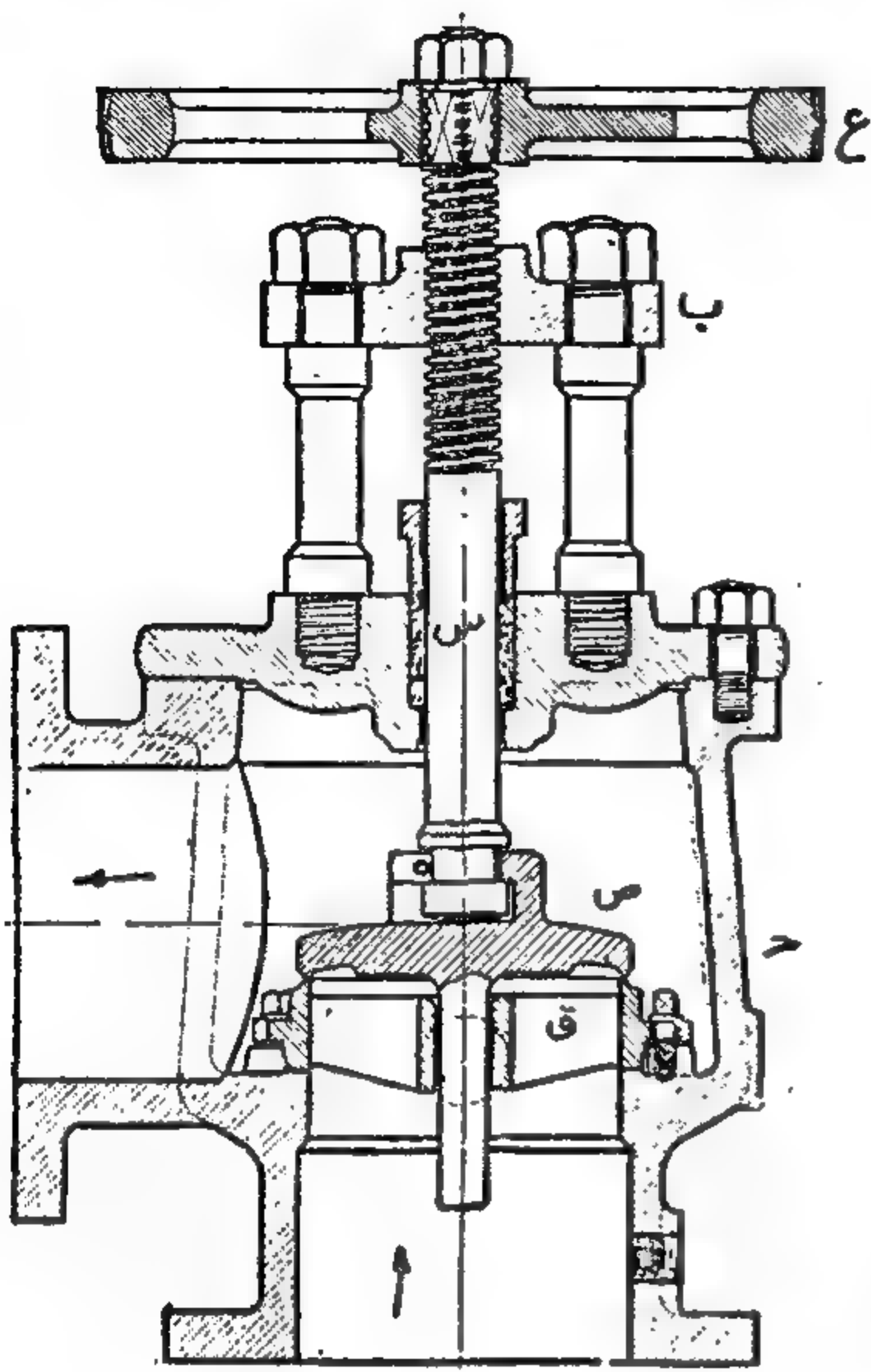
الحر للانبوبة (ح) يميل الى الابتعاد عن المركز فيحرك عقرب المقياس (ع) بواسطة الذراع (هـ) والقطاع المسنن (و) والعجلة المسننة (م) ويتحرك العقرب على وجه مقسم بحيث تعطي قراءاته الضغط النوعي للبخار مباشرة .



شكل ٢٢ - زجاجة البيان

٤٠ - زجاجة بيان مستوى الماء داخل

المرجل وتركب في واجهة المرجل أيضاً بحيث تتصل نهايتها السفلى بحيز الماء ونهايتها العليا بحيز البخار . وأهمية حفظ مستوى الماء من الهبوط هي لضمان وجود كمية من الماء فوق الواح المرجل المعرضة لغازات الاحتراق والا احترقت تلك الألواح من شدة الحرارة المترتبة على عدم وجود العامل الملطف لها وهو الماء .



شكل ٢٣

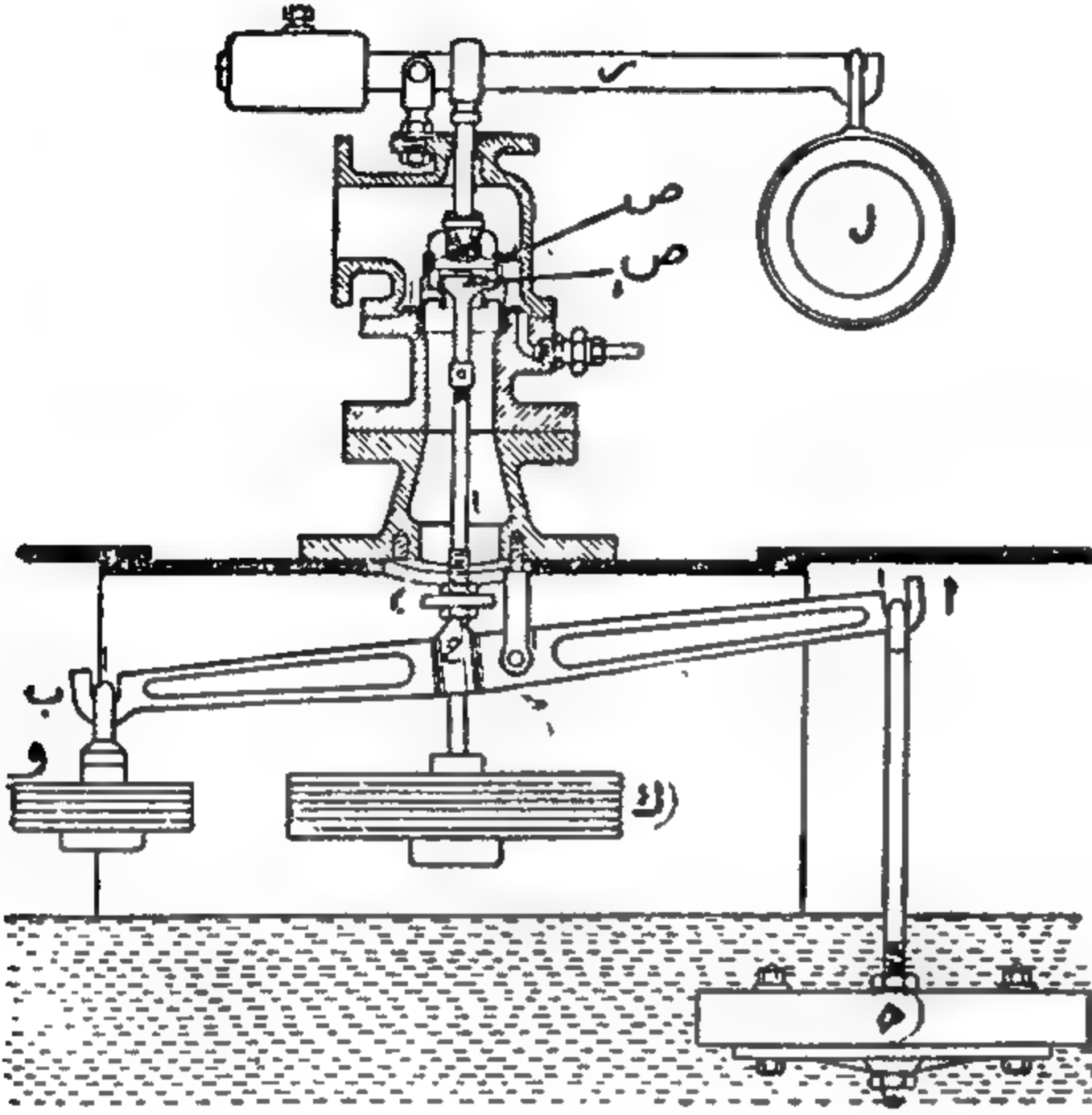
٤١ - صمام هابس - يتصل بمأخذ البخار من المرجل ويتركب من صمام مصنوع من البرونز يتصل اتصالاً شبه مفصلياً بساق يمر من ثقب مقلوظ وينتهي طرفه بعجلة تدار باليد .

٤٢ - منقبة تصفية المرجل وتتصل بأوطى نقطة في المرجل ووظيفتها تصفية الرواسب التي تتراكم في المرجل بين حين وآخر وأيضاً لتفريغ المرجل من الماء كلية عند التنظيف والتفتيش السنوي

٤٣ - صمام غير رجعي لتغذية المرجل بالماء عند الحاجة ويجب أن يكون غير رجعي لكي لا يرتد ماء المرجل إلى الخارج عند انقطاع أو ضعف ضغط الماء الوارد .

٤٤ - منبه هبوط أو ارتفاع الماء عن هوى الامن - ليست هذه التركيبة من الضرورات ولكنها مبالغة في الاحتياط من هبوط الماء الى درجة خطر حرق الواح المرجل المعرضة لانهابات الاحتراق أو ارتفاع الماء وقت تغذية المرجل الى

درجة خطرة وهى فى ذلك تؤدي عمل صمام الامن . ويتركب هذا الجهاز من رافعه (ا) معلقة داخل المرجل عند (ح) وتحمل عند طرفيها عوامه (هـ) وعند الطرف الآخر ثقل ازان (و) وبها حد سكين (ج) يضغط على ساق الصمام



الصغير (ص) وهذا الصمام يغطي فتحة في صمام أكبر منه (س) يرتكز على فتحة في جسم الصمام - ويضغط الصمام ص على قاعدته ثقل (ك) معلقا بساق الصمام - ويضغط الصمام (س) على فتحة علاوة على الضغط الناشئ من الصمام الصغير ثقلا آخر (ل) بطرف رافعه (ر) .

شكل ٢٤

فعندما يزداد ضغط البخار في

المرجل ينفتح الصمام الكبير ص كما لو كان صمام أمن عادي وعندما ينخفض المنسوب الماء داخل المرجل تنخفض معه العوامه هـ حتي اذا هبط المنسوب الى درجة الخطر ضغط حد السكين على ساق الصمام الصغير ونفذ منه البخار وترتب على ذلك صفيح حاد يافت نظر ملاحظ المرجل الى ضرورة الاسراع بتغذية المرجل بالماء .

وأذا ارتفع المنسوب الماء حتي طفا الثقل « و » خف وزن الاخير وهبطت العوامه هـ الى أن ينفتح الصمام ص فيحدث نفس الصغير ولكن في هذه الحالة مؤذنا بضرورة إيقاف طلمبة التغذية .

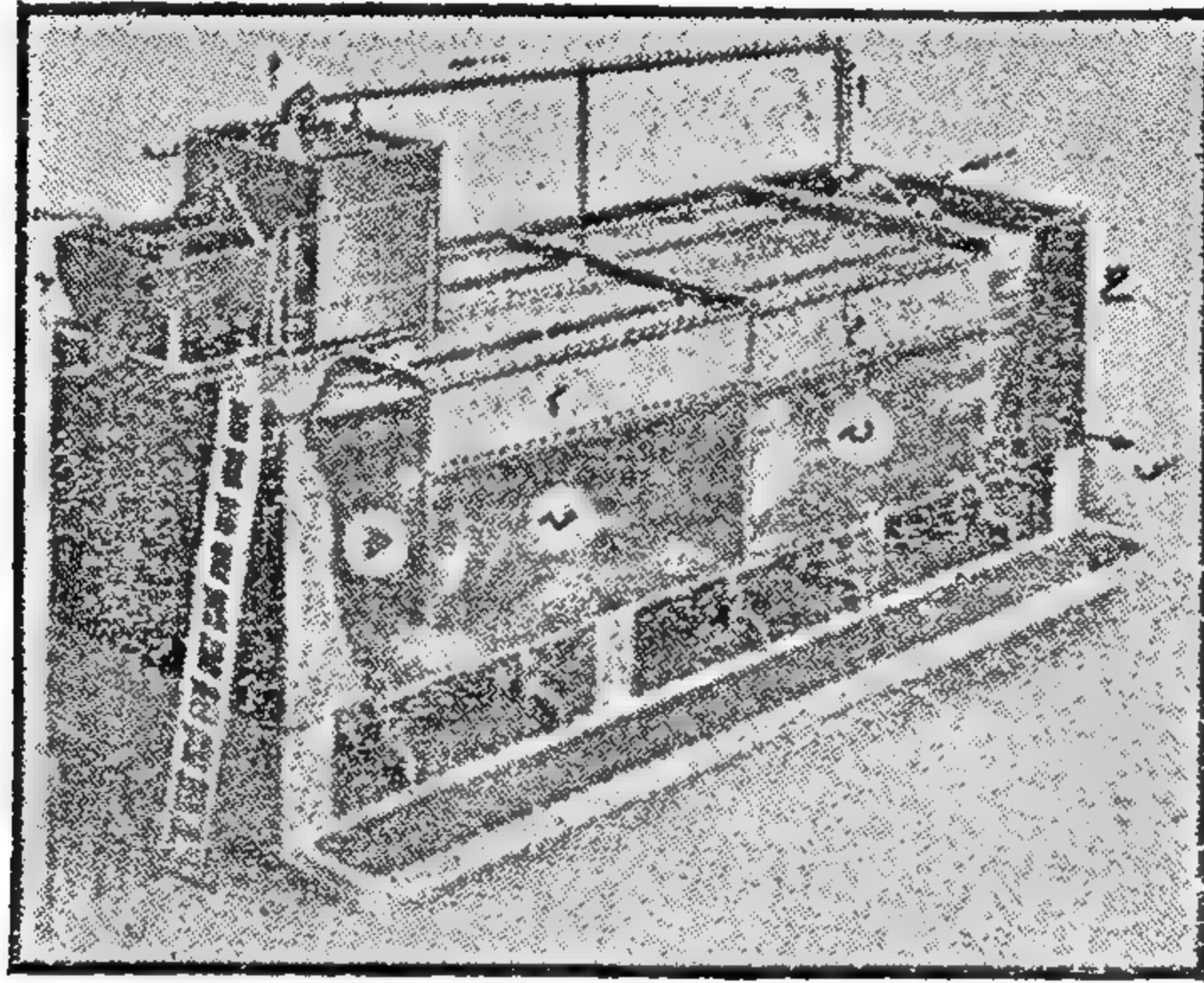
وهناك تركيبات أخرى ليست ضرورية ولكنها تستعمل في المحطات الكبيرة لضمان انتظام العمل وتوفير الوقود ومد أجل المرجل لا يتسع المقام لايرادها .

توابع المراجل

توجد في كل غرفة مراجل معدات تابعة لها فمنها ما يتعلق بماء التغذية ومنها

ما هو خاص بالبخار - أما معدات التغذية فتتخصص في مرشحات الماء ثم مسخناته ثم طلمبات التغذية. والمعدات الخاصة بالبخار هي المواسير الموصلة للمحركات ومجففات البخار وأجهزة تصفية الماء المتكاثف في الصهائم والانايب والمجففات .

٤٥- مرشحات الماء - منعاً من تأكل الواح المراحل من الداخل ولتخفيض كمية الرواسب التي تعيق انتقال الحرارة من الوقود الى الماء في جميع أنواع المراحل وتعيق دورة الماء في حالة المراحل ذات مواسير الماء - يجب ترشيح مياه



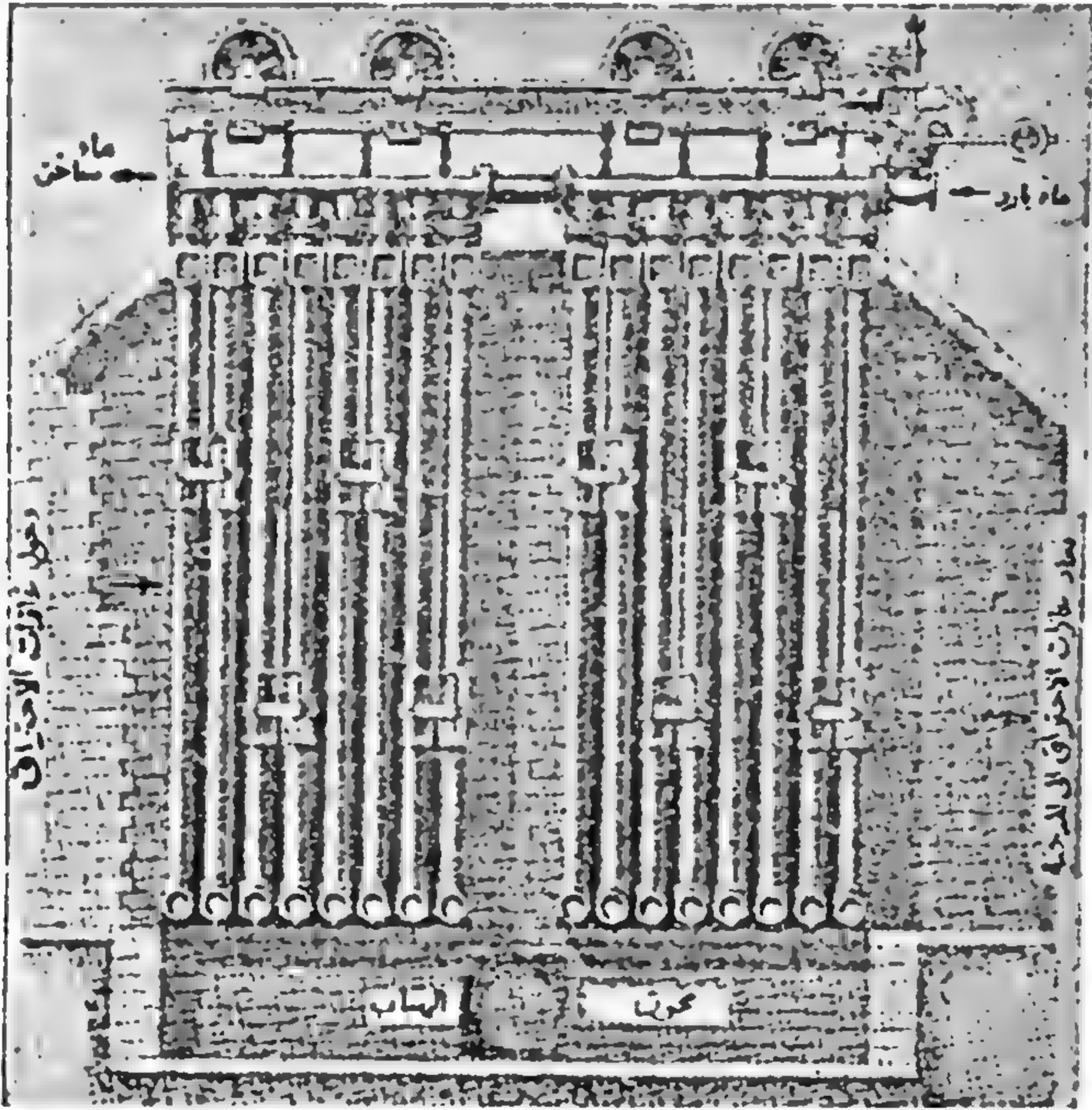
شكل ٢٥ - مرشح للماء صنع شركة بابكوك وويلكوكس

التغذية وفصل الاملاح المعدنية التي توجد في المياه الارثوازية أو الرواسب التي توجد في مياه الترغ والانهر . فنزال الاملاح بواسطة تسخين ماء التغذية الى ما يقرب من درجة الغليان وأضافه قليل من الجير والصودا ثم بعد ذلك يرشح الماء في الاحواض المعدة لذلك . وشكل ٢٥ يبين مرشح من صنع شركة بابكوك وويلكوكس لازالة الاملاح والرواسب . فيصب الماء المراد ترشيحه من الماسورة الى أحوض القياس - حيث يمزج به نسبة معينة من محلول الجير والصودا المحفوظ في الحوض الصغير - ومن ثم يصب أولاً في الغرفة هـ من الحوض ثم الى الحوضين ز هـ ومنهما يخرق الماء طبقة الرمل النقي م م التي ترشح الماء من الرواسب ثم يطفو فوق سطح هذه الطبقة نقياً مرشحاً الى أن يتجمع في

الحوض ع ويؤخذ الماء النقي لتغذية المراحل بواسطة الماسورة س وتستخرج الرواسب من قاع الحوض بواسطة فتح الحنفيات التي بأسفل الحوض بين حين وآخر كما أن رمل الترشيح يغسل مما علق به في فترات متقاربة .

٤٦ - مسخنات ماء التغذية - من الواضح أن تغذية المراحل أثناء

عملها بالماء البارد يلحق بها اضرار لا يستهان بها اذ ينجم عن اختلاط الماء البارد بالماء الذي بلغت حرارته درجة التبخر اجهادات غير موزعة بانتظام على الواح المرحل فضلا عن عرقلة الدورة المنتظمة للماء الذي بداخل المرحل . لذلك وجد



شكل ٢٦ - موفر جرير

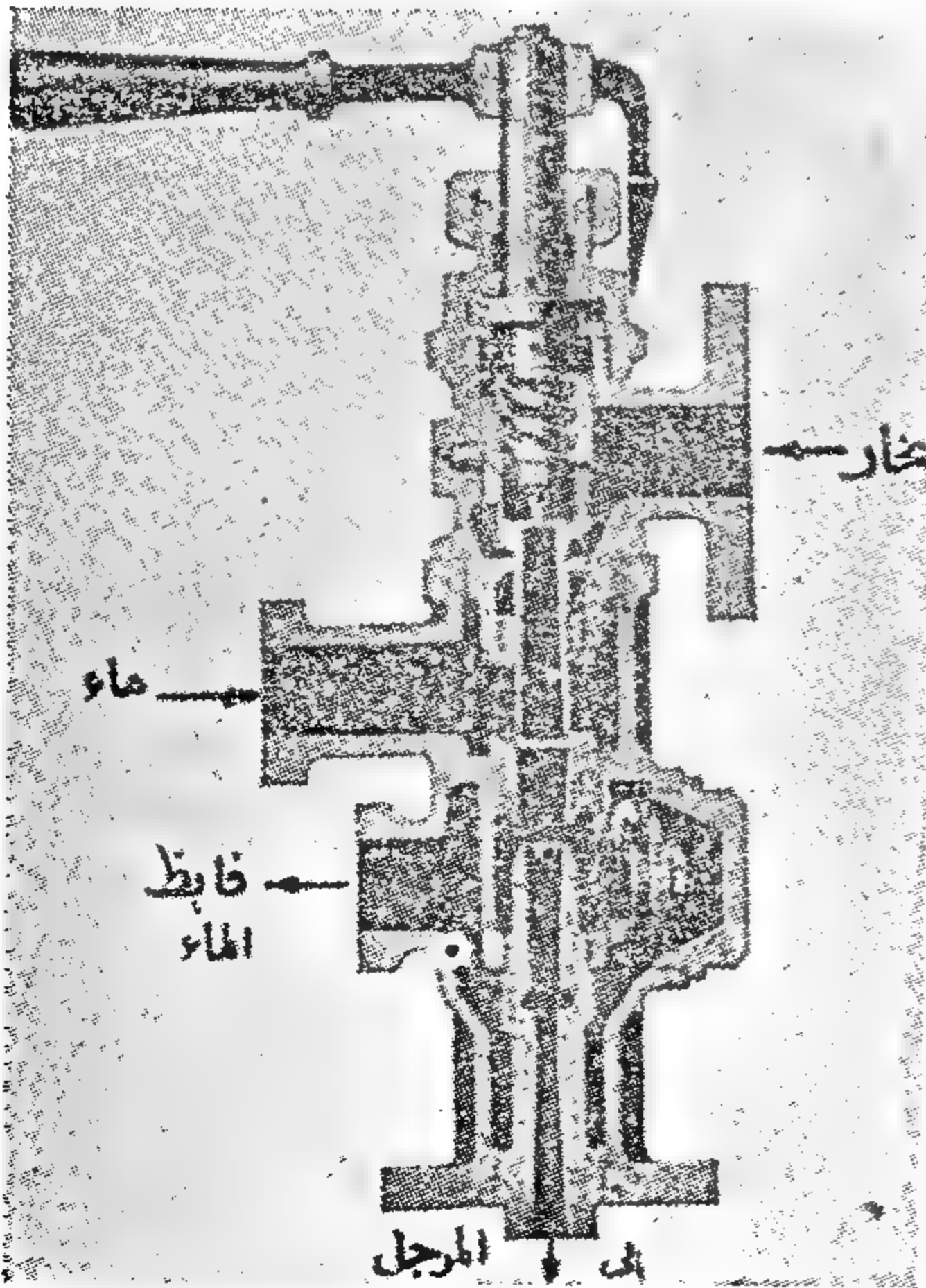
بالتجربة ان في تغذية المراحل بالماء الساخن فائدة عظيمة سواء كان ذلك من وجهة توفير الوقود او من ناحية اطالة حياة المرحل النافعة بتجنب الاجهادات الغير منتظمة . ويسخن ماء التغذية بأحدى ثلاث طرق :

أ - بخلطه مع قایل من البخار الحر المستخرج من المرجل .
 ب - بتمرير الماء داخل مواسير محاطة بالبخار العادم الناتج من المحركات البخارية .

ج - بتمرير الماء داخل مواسير محاطة بغازات الاحتراق قبل نقاذها الى المدخنة وفي هذه الحالة يطلق على المسخن كلمة (موفر) لان في استعماله وفر ليس بقايل في حرق الوقود .

وشكل ٢٦ يبين « موفر جرین » وهو اكثر المسخنات انتشارا ويتكون من انايب رأسية يمر منها ماء التغذية في طريقة الى المرجل وتوضع هذه الانايب في غرفة مبنية بطوب الحرارة بالقرب من قاعدة المدخنة حيث يمر منها غازات الاحتراق قبل انصرافها وبذلك يستخرج منها اكبر كمية من الحرارة . وتنظف الانايب مما يعلق بها من هباب الفحم بحلقات تتحرك عليها صعودا وهبوطا

٤٧ - طلمبات النفزية - يضغط الماء داخل المراجل بأحدى طريقتين:

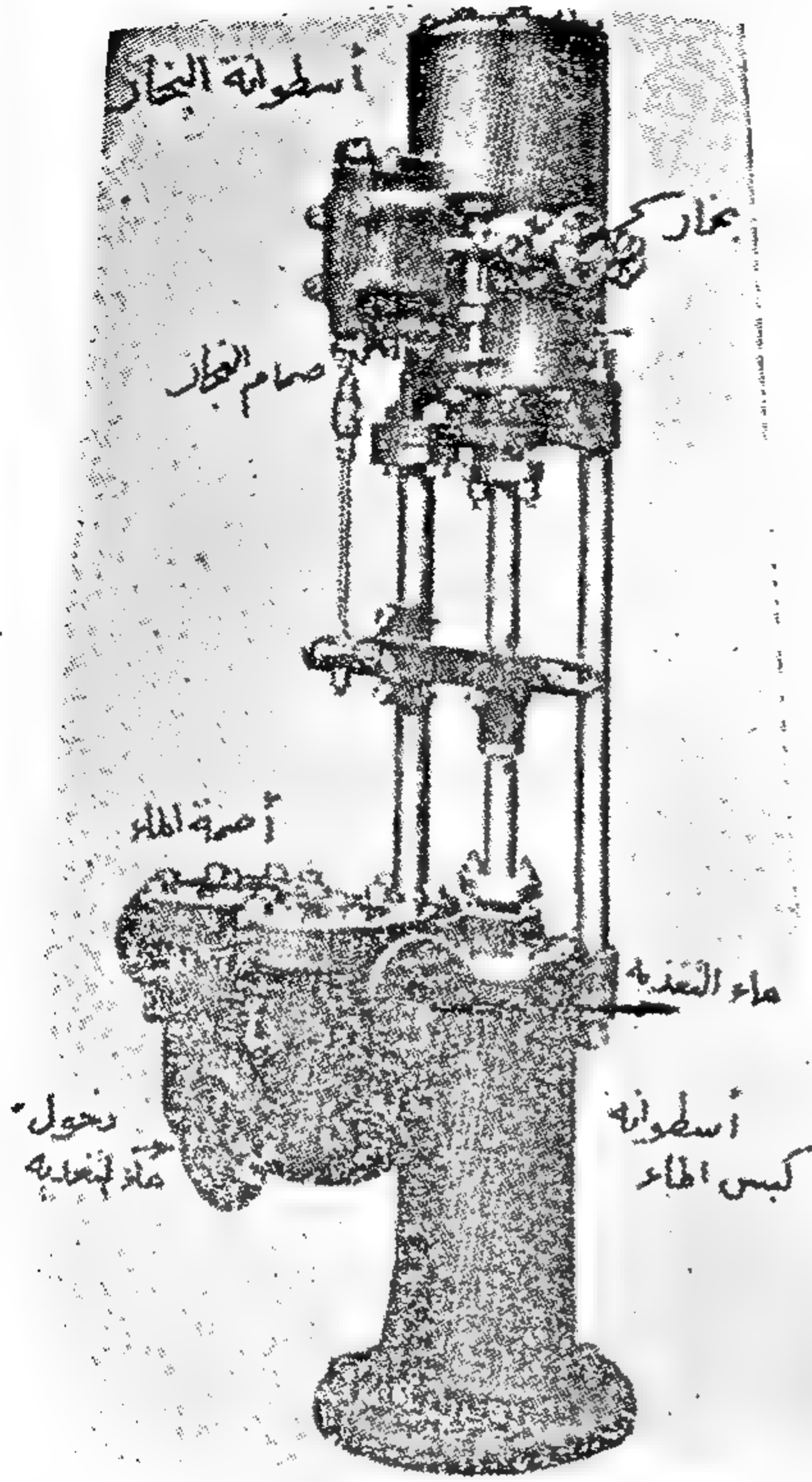


شكل ٢٧ - حاقن اتوماتيكي

أ - بواسطة الحاقن شكل ٢٧

وهو جهاز تنحصر نظريته في تحويل ضغط البخار الى طاقة تحركية بواسطة البوق أ وبعد امتزاج البخار بالماء تحول طاقة الخلوط التحركية الى طاقة ضغطية في البوق المزدوج ب وبهذه الكيفية يمكن رفع ضغط ماء التغذية الى الحد الكافي لكبسه داخل المرجل باستعمال قليل من البخار الذي يولده نفس المرجل .

ب - بواسطة طلمبات تردديه



شكل ٢٨ - طلمبة تغذية رأسية

خالية من أي حركة دائرية
وشكل ٢٨ يبين النوع الرأسى
وشكل ٢٩ النوع الأفقي من
هذه الطلمبات وقد اطلق على
النوع الأخير اسم «الدونكي»
لمشابهة حركة سيقانها لحركة أرجل
الحمار . ولا يتسع المقام هنا لشرح
عمل هذه الطلمبات

٤٨ - محمصات البخار -

قد وجد انه في تحميص البخار
قبل استعماله في المحركات زيادة تذكر
في جودة المحرك ويترتب على ذلك
اقتصاد كبير في صرف الوقود .
ويحمص البخار بتمريره داخل

انابيب خاصه على

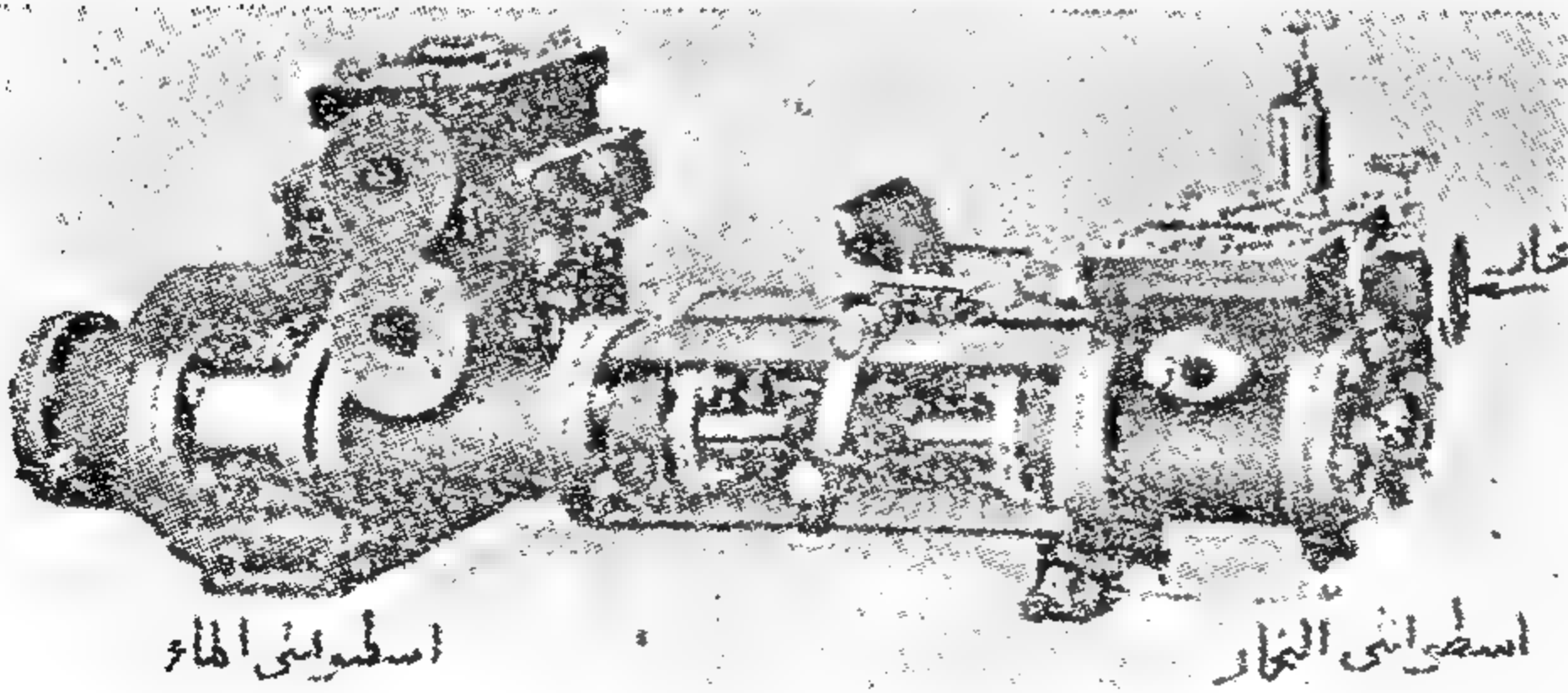
شكل (U) توضع في

طريق غازات غلاية

الاحتراق في مكان

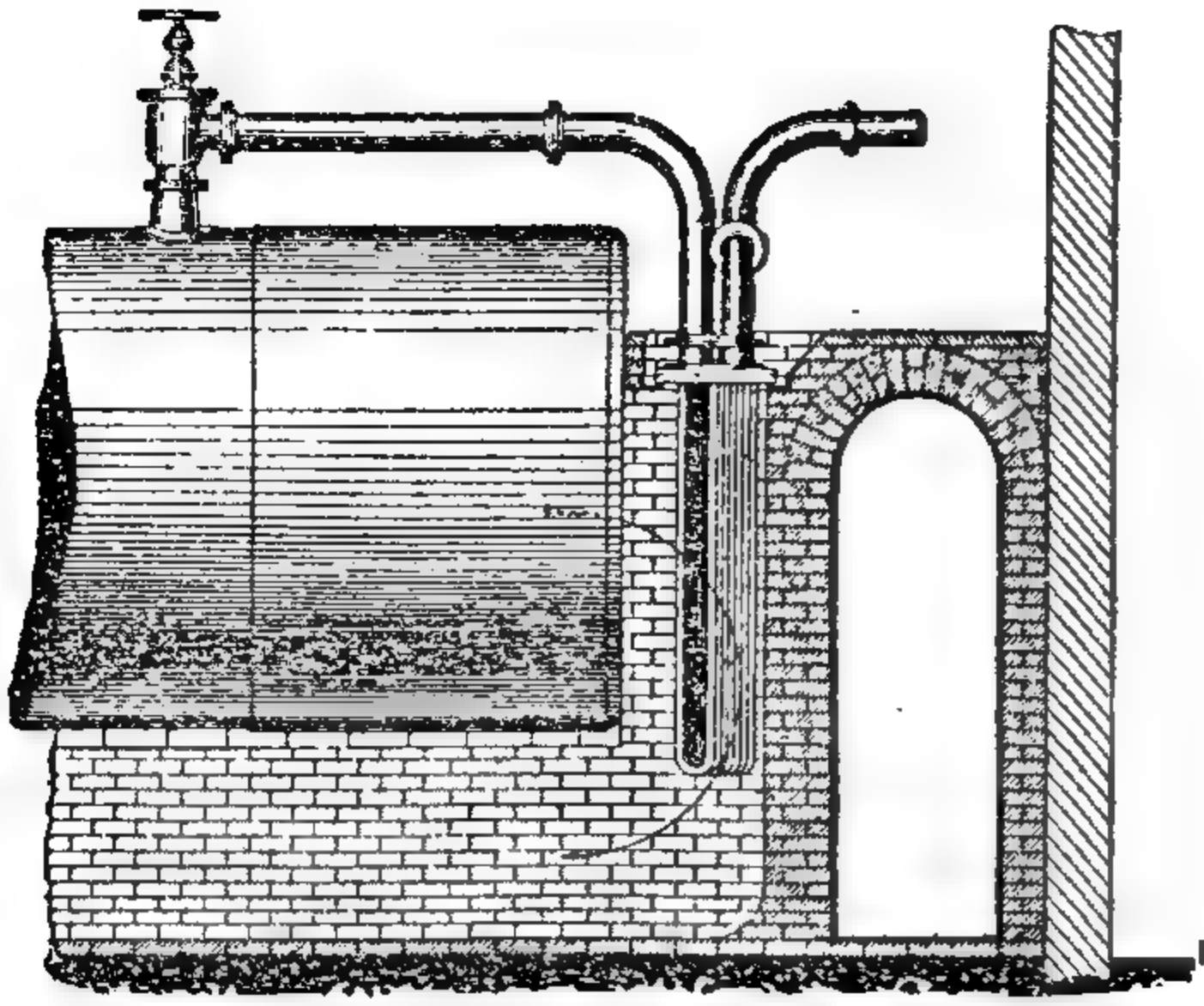
متوسط الحرارة اذ لو

وضعت تلك المحمصات



شكل ٢٩ - طلمبة تغذية أفقية

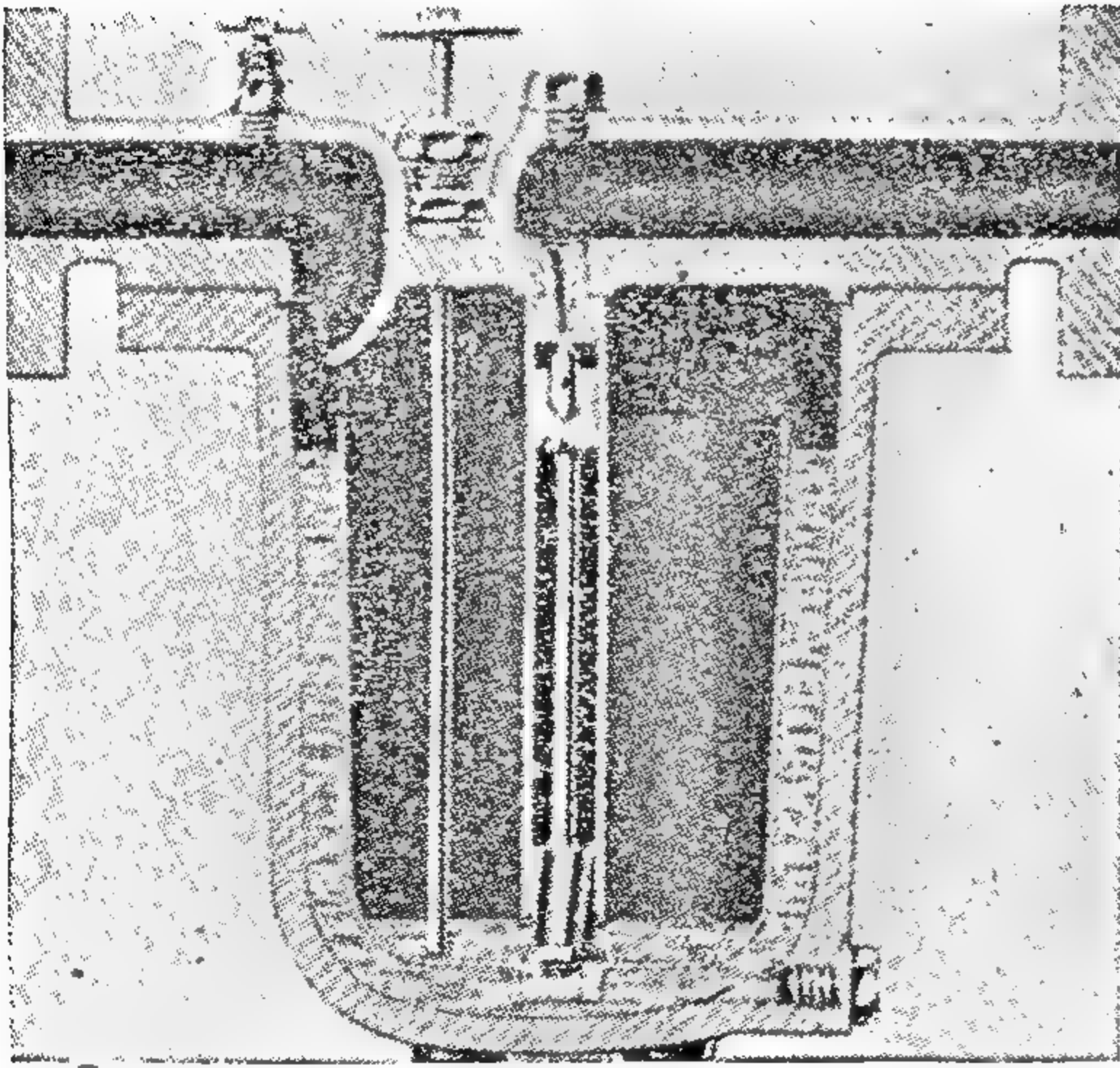
في الفرن مباشرة لاحتترقت الانابيب ولو وضعت بالقرب من المدخنة لما كانت
حرارة الغازات كافية لتحميص البخار وشكل ٣٠ يبين محمص البخار في مرجل
لأنكشير وتظهر محمصات البخار في مرجل القاطره في شكل ١٢ صحيفة ٣٤ .



شكل ٢٠ - محض بخار في مرجل لانكشير

٤٩ - اجهزة تصفية ماء
تكاثف البخار - تدل احصاءات
انفجار انايب البخار على ان ما
يقرب من ٨٠ ٪ منها ناشئ من
الماء المتراكم من تكاثف البخار
لذلك كان لتصفية هذا الماء اهمية
عظمى. اذ يجب تصفية هذه الانايب

أولا بأول وشكل ٣١ يبين



شكل ٣١ - جهاز تصفية ماء البخار المتكاثف

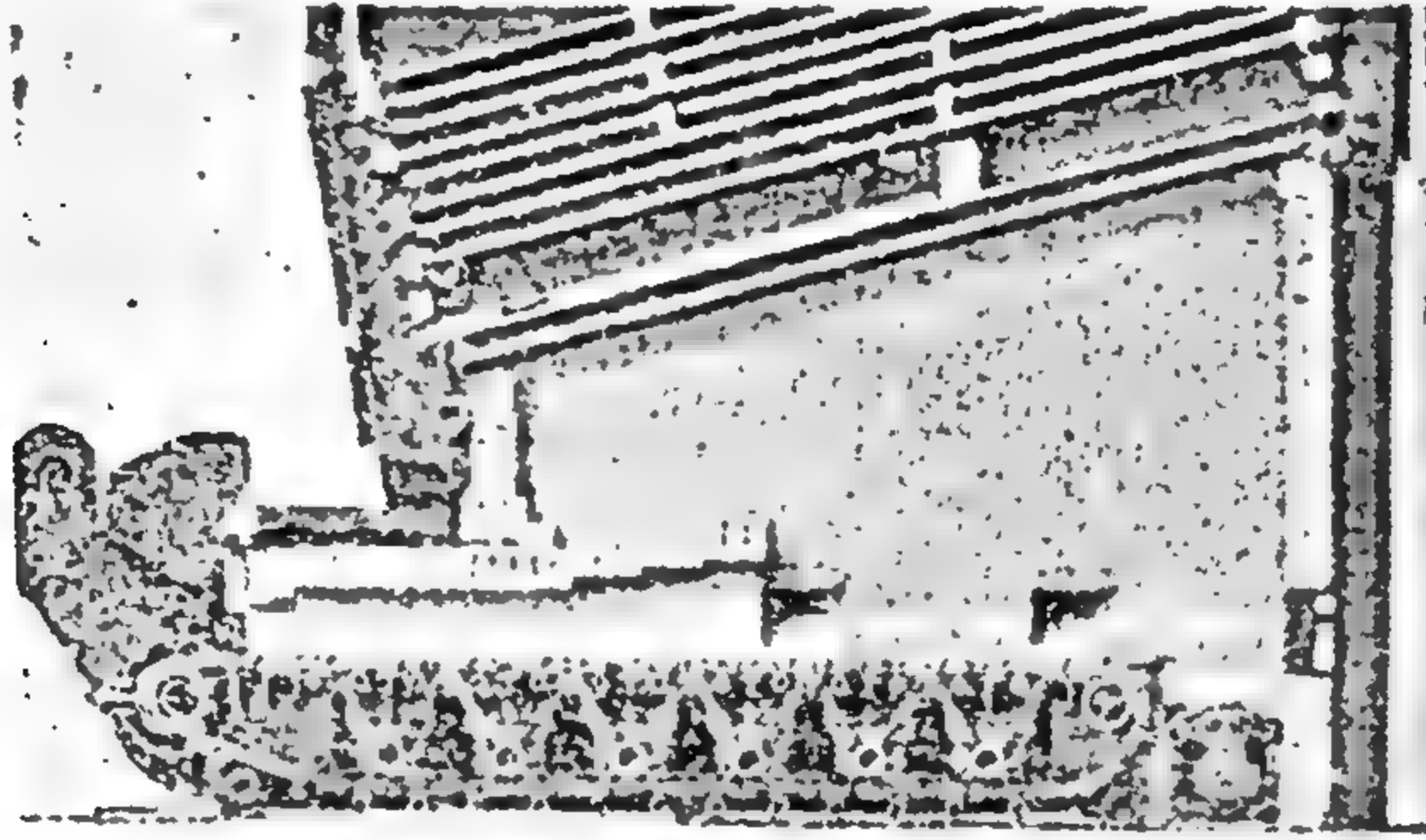
جهاز تصفية يشتغل من
تلقاء نفسه اذ كلما امتلأ
بماء البخار المتكاثف انفتح
صمامه وطرده الماء بضغط
البخار عاينه ويوضع مثل
هذا الجهاز عند منحنيات
انايب البخار وعند الصمامات
الحابسة التي توزع البخار
على المحركات وطريقة عمل

الجهاز واضحة من الشكل اذ يتكون من اناء يطفو على سطح الماء حتى اذا امتلأ
الغلاف الخارجي سال الماء الى داخل الاناء فيغطس ويفتح الصمام الموصل
للخارج فيندفع الماء المتراكم في الاناء الى الخارج حتى ينخف وزنه فيطفو ثانية
الى ان يغلق الصمام.

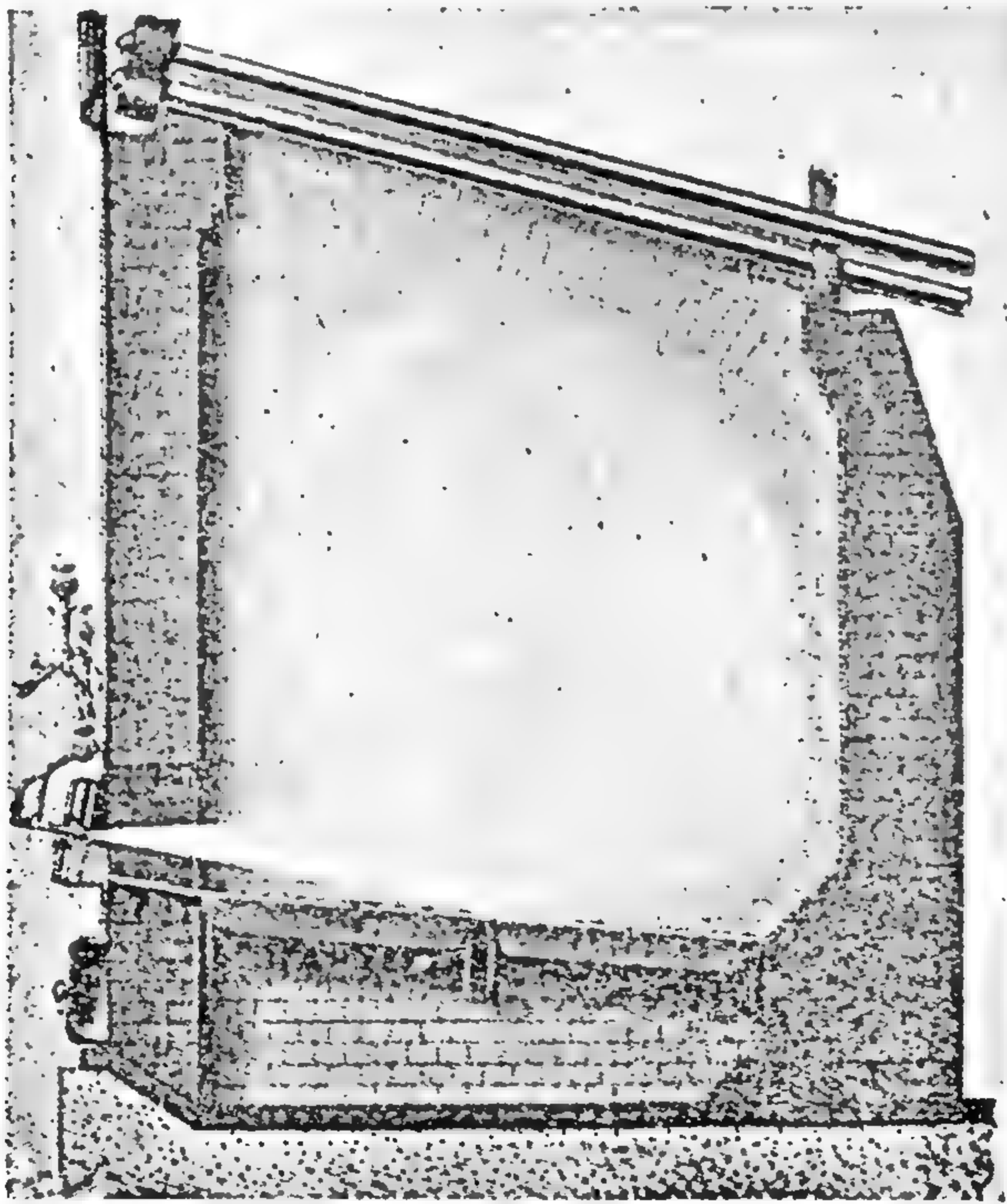
٥٠ - انواع الافراجه . لكل نوع من الوقود فرن خاص لحرقه حتى

يعود هذا الحرق با كبر فائدة في توليد البخار فالشكل من ٣٢ الى ٣٤ تبين

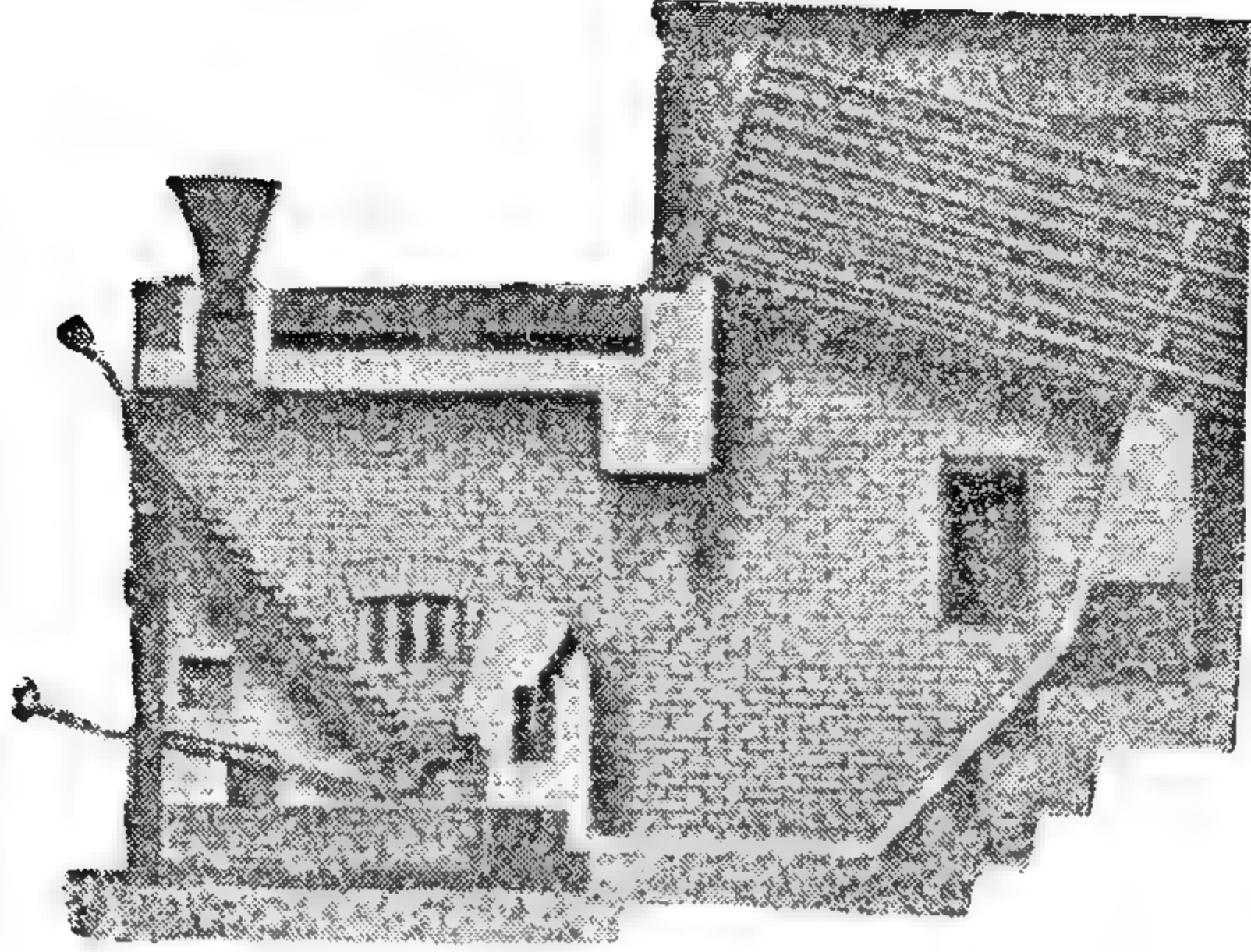
انواع الافران المستعملة لمواد الحريق المختلفة ويتوقف تصميم الفرن على أمور شتى أهمها:



شكل ٣٢ - فرن ذو مصبات ميكانيكية لحرق الفحم الناعم (رجوع الفحم)



شكل ٣٣ - فرن معد لحرق المازوت



شكل ٣٤ - فرن معد لحرق المخلفات الزراعية مثل حطب القطن ومخلفات
قصب السكر بعد عصره النخ

أ - طبيعة الوقود - إذا كان صلباً أو سائلاً أو غازياً

ب - حجم الوقود بالنسبة لقدرته الحرارية

ج - درجة رطوبة الوقود

د - حجم قطع الوقود

هـ - نسبة المواد الطيارة في الوقود

و - طول اللهب المتكون من الحرق

الفصل الرابع

المحرك البخاري الترددي

٥١ - المحرك هو الآلة التي يتم فيها تحويل الطاقة الحرارية للوقود الى طاقة ميكانيكية ويمكن تقسيم المحركات من حيث المادة التي تستعمل كوسيط لنقل حرارة الوقود الى المحرك الى قسمين :

١ - **المحرك البخاري** - وهو الذي يستعمل بخار الماء كوسيط لنقل الطاقة الحرارية للوقود أذ يستعمل الوقود في توليد البخار في جهاز خاص وهو المرجل ثم يستعمل هذا البخار في ادارة المحرك .

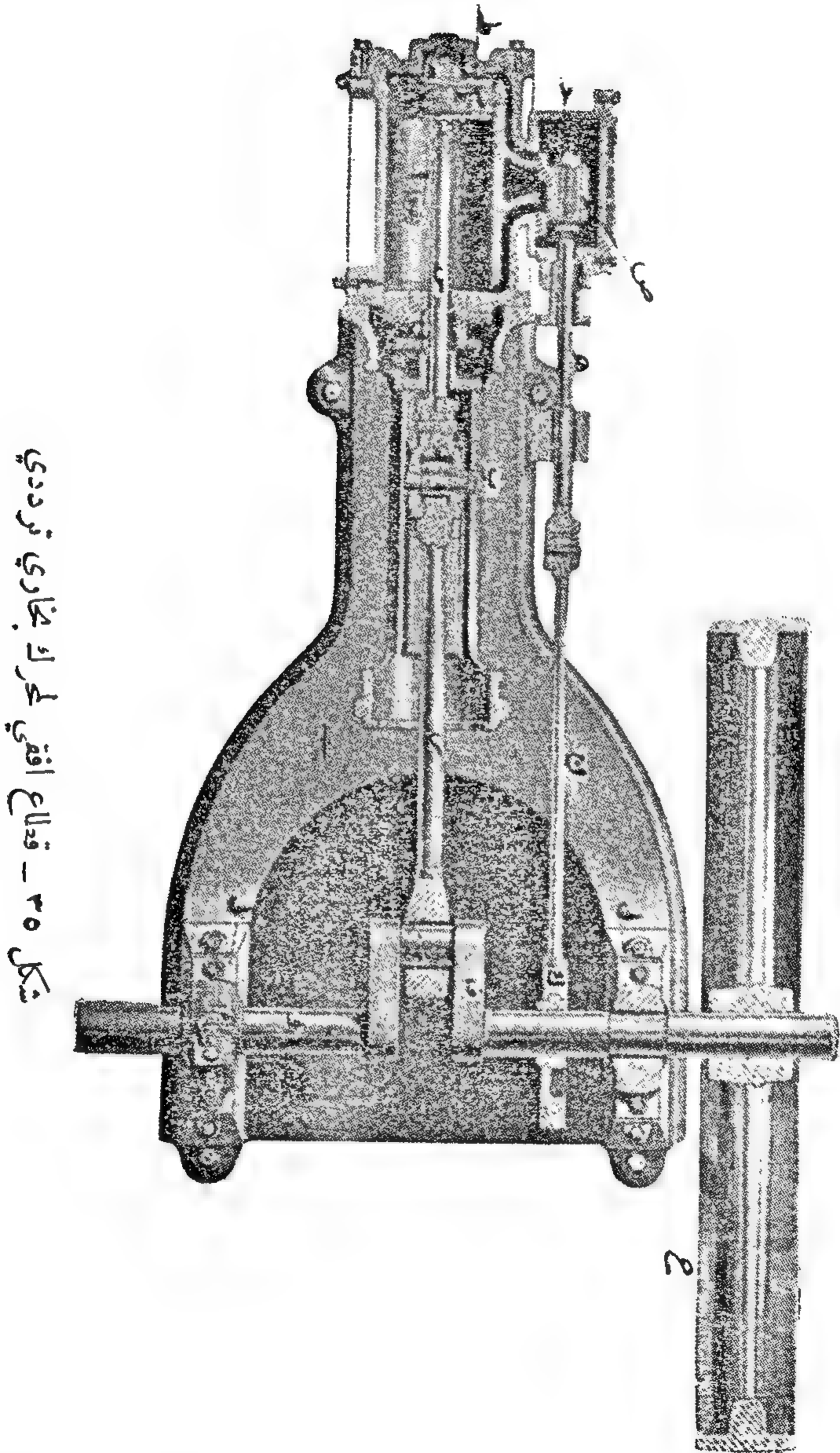
٢ - **المحرك ذو الاحتراق الداخلي** - وفيه يحرق الوقود داخل اسطوانة المحرك وبذلك يكون وسيط نقل طاقة الوقود الحرارية هو الهواء اللازم لحرق هذا الوقود .

ويمكن أيضاً تقسيم المحركات من حيث نوع حركة أجزائها الى محركات ترددية ومحركات دورانية ولو انه في النهاية تحول الحركة الترددية الى حركة دورانية في القسم الاول الا أن بهذا التقسيم يقصد الحركة التي تنشأ عن ضغط الوسيط الحراري . ولا توجد محركات دورانية في الوقت الحاضر سوى الطوربين البخاري .

٥٢ - **أجزاء المحرك البخاري الترددي وكيف يشتغل** . جميع المحركات الترددية تشتغل على نظام واحد سواء كانت بخارية أو داخلية الاحتراق ولا تختلف إلا في نظام إدخال الوسيط الحراري وفي تفاصيل أجزائها أي أن الاختلاف شكلي وليس أساسي أذ أن أساس هذه المحركات هو :

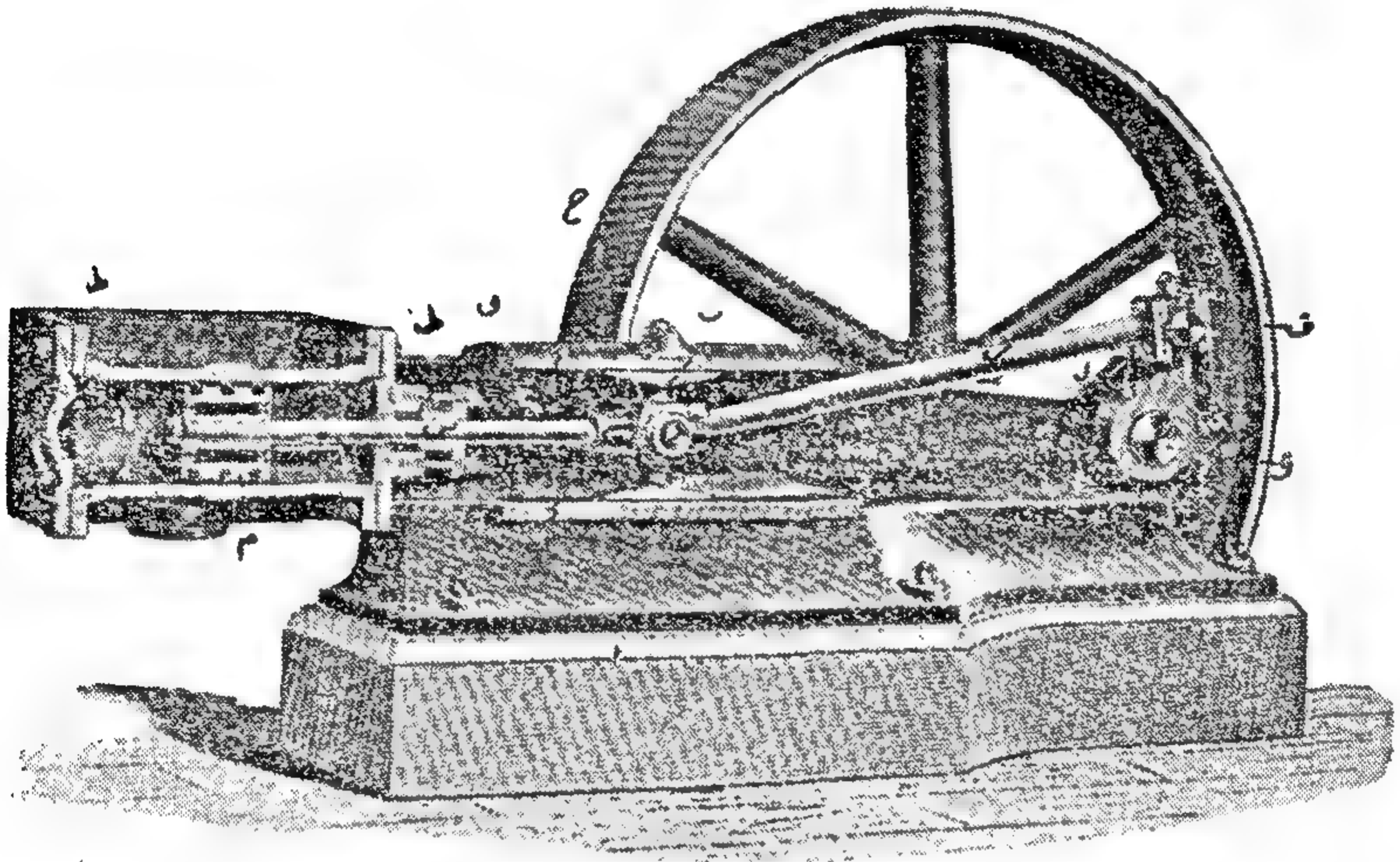
اولا - اندفاع سداده ذهابا وعودة داخل اسطوانته بقوة تأثير ضغط الوسيط الحراري

ثانيا - تحويل الحركة الترددية لهذه السدادة الى حركة دائرية



وشكلي ٣٥ و ٣٦ يبينان قطاعا طوليا وقطاعا أفقيا لاحدى المحركات البخارية الترددية الافقيه البسيطة وفيه مكبس (م) يتحرك داخل اسطوانته (١) محكه بغطائين (ط ط) وتنقل حركة المكبس الى خارج الاسطوانه بواسطة

ساق المكبس (س) الذي ينفذ من الاسطوانة من خلال المزنفه (ن) التي تمنع
وشح البخار من الاسطوانة ويتصل الطرف الخارجي لساق المكبس بقطعه (ب)
تسمى الطربوش تنزلق بين دليابين (د) وحركة الطربوش بين الدليابين هي
نفس حركة المكبس داخل الاسطوانة وتحول حركة الطربوش التردديه الى
حركة دائريه بواسطة ذراع التوصيل (ر) والمرفق (ب) المثبت بعامود الاداره (و)



شكل ٣٦ - قطاع رأسي لمحرك بخاري ترددي

الذي يدور في حاملين (ل) ويدور مع العامود حدافه (ح) . وينظم ايراد
البخار الى الاسطوانة بواسطة صمام منزلق (ص) يتحرك بحركة تردديه في درج
الصمام (هـ) وحركة الصمام مستمدة من الاكسنتريك (ك) وذراع الاكسنتريك
(د) وساق الصمام (هـ) . وطريقة عمل المحرك تتأخص فيما يأتي : -

يرد البخار من المرجل عن طريق الصمام ومسلك البخار اليساري الى ناحية
الاسطوانة اليسرى فيدفع المكبس الى الامام وعند نقطة معينة تسمى نقطة القطع
يكون الصمام قد تحرك الى اليسار ما يكفي لغلق حارة البخار اليسرى فيتمدد البخار
المنحزون في الاسطوانة مستمراً في دفع المكبس الى اليمين ولكن طبعا بقوى
متضائله تدريجياً كما تتضائل قوة دفع زبلك مضغوط . وعندما يقرب المكبس
من الوصول الى نهاية الاسطوانة اليمنى يحدث امران :

أولاً - يتصل مسلك البخار اليساري بالخارج حيث يكون الضغط جواً فيصرف البخار من الجهة اليسرى الى الهواء.

ثانياً - يتصل مسلك البخار اليميني بدرجة الصمام حيث يرد البخار الحر من المرجل فيدخل الى الناحية اليمنى من المكبس ويدفعه الى اليسار وبهذه الطريقة ينعكس سير المكبس وفي أثناء حركة المكبس الى اليسار يستمر انصراف البخار الذي على يسار المكبس الى الخارج بينما يرد بخاراً حراً من المرجل حتى نقطة القطع وبذلك يتكرر في الجانب الايمن من الاسطوانة ما قد حدث في الجانب الايسر منها عندما كان يتحرك المكبس من اليسار الى اليمين . ويقال لمدى حركة المكبس المشوار أو الشوط وظاهر أن لفة كاملة لزر المرفق يقابلها شوطان للمكبس .

٥٣ - أنواع المحركات البخارية الترددية - يمكن تقسيم المحركات البخارية الترددية الى : -

أولاً - من حيث الوضع الى رأسية وأفقية .
فالنوع الاول هو ما كان فيه مسار المكبس رأسياً والثاني أفقياً .
ثانياً - من حيث سرعة الدوران الى سريعة وبطيئة
فالنوع الاول هو ما كانت سرعة دوران عامود أدارته تزيد عن ٣٠٠ لفة في الدقيقة .

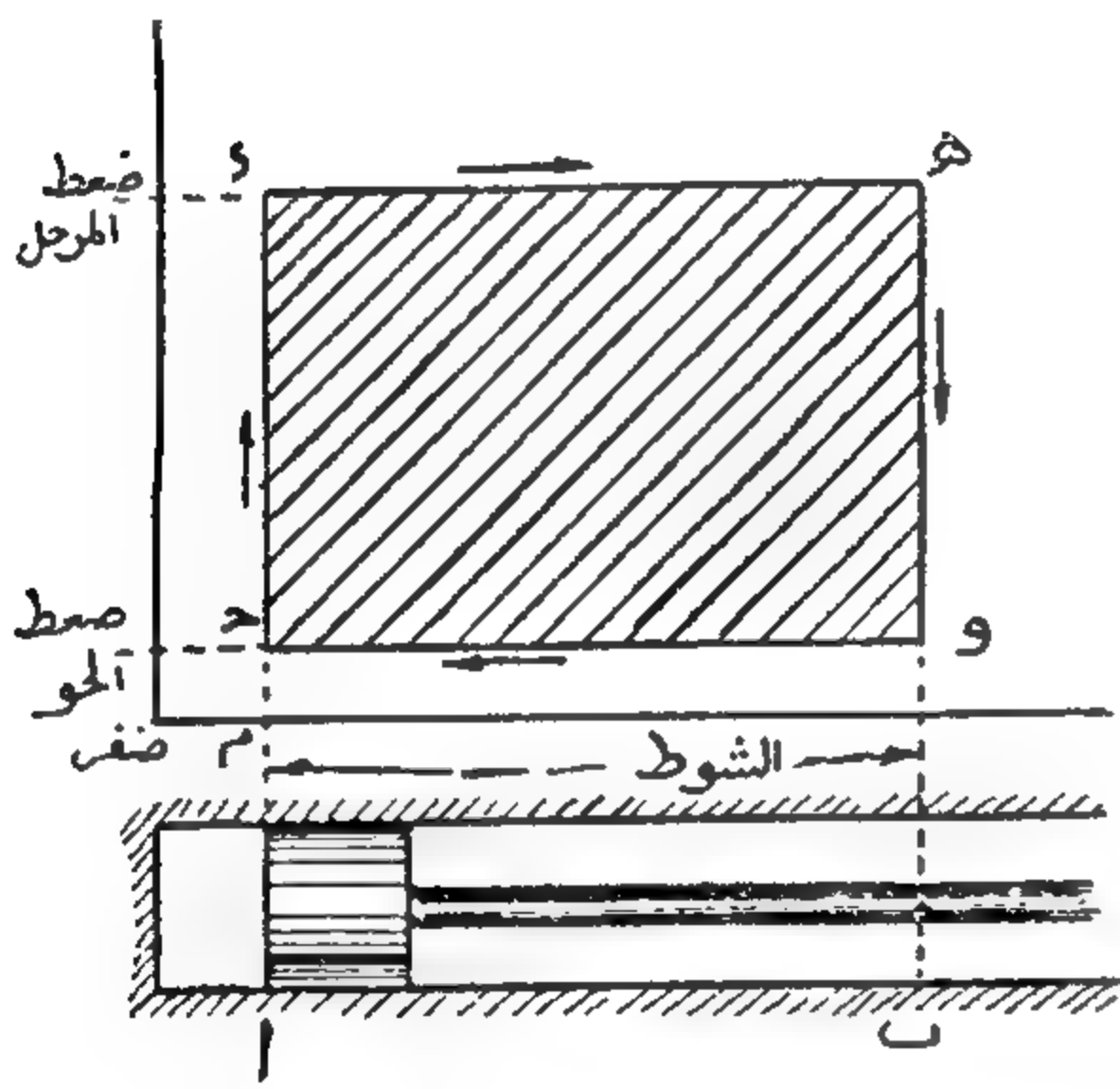
ثالثاً - من حيث أنصراف البخار بعد تأدية عمله داخل الاسطوانة الى محركات مكثفة ومحركات غير مكثفة .

فإذا أنصرف البخار بعد تحويل طاقته الحرارية الى شغل الى الهواء كان من النوع غير المكثف وأما اذا أنصرف الى أناء يسمى المكثف حيث يتكاثف أما بمخلطه بالماء البارد أو بملامسته لسطوح مواسير يجري فيها الماء البارد كان المحرك من النوع المكثف وسيأتي الكلام فيما بعد عن تأثير تكثيف البخار وأنواع المكثفات .

رابعاً - من حيث تعدد الاسطوانات التي يشتغل فيها البخار الى محركات بسيطة وهي المكونة من اسطوانة واحدة يدخل اليها البخار الحار ثم ينصرف الى الجو او الى المكثف بعد تأدية عمله . ومحركات مركبة وتتكون من اسطوانتين أو أكثر حيث يقسم تمدد البخار على اسطوانتين أو أكثر فينصرف البخار من الاسطوانة الاولى الى الثانية ثم الى الثالثة الخ . بالتتابع . ويسمى المحرك ذو الاسطوانتين مزدوج التمدد أو ثلاثي أو رباعي التمدد .

خامساً - من حيث تأثير ضغط البخار على المكبس الى محركات مفردة التأثير وفيها يؤثر ضغط البخار على وجه واحد من المكبس ومحركات مزدوجة التأثير حيث يؤثر البخار على كل من وجهي المكبس بالتتابع .

٥٤- الشغل الذي يؤديه البخار في اسطوانة المحرك وتمثيله غرافياً -



شكل ٣٧

أفرض أن رطلا من البخار أدخل في أسطوانة يتحرك فيها مكبس من أ الى ب لكن الضغط جويًا عند الوضع أ للمكبس وتمثل هذه الحالة في الرسم البياني بالنقطة هـ حيث $هـ = \text{الضغط الجوي} = ١$ كيلو جراما على السنتيمتر المربع . فاذا فتحت قناة البخار الموصلة للاسطوانة ارتفع الضغط على وجه المكبس من

ضغط جوي الى ضغط البخار الوارد من المرجل وتمثل زيادة الضغط هذه بالخط هـ ب في الغراف وينتج عن هذا الضغط أن المكبس يتحرك الى اليمين من أ الى ب وفي اثناء هذه الحركة يستمر ايراد البخار من المرجل أي أن الضغط على وجه المكبس يظل ثابتاً ويمثل الخط بـ هـ هذه الحالة غرافياً - وعند نهاية شوط المكبس يفتح صمام العادم فينفذ البخار من الاسطوانة الى الهواء أي أن الضغط على وجه الاسطوانة ينخفض من ضغط بخار المرجل الى الضغط الجوي (من هـ الى و في

الرسم البياني () وعند هذه النقطة يعود المكبس من ب الى أ فيدفع البخار العادم من الاسطوانة الى الخارج (و الى ح في الرسم البياني) أي أن عند النقطة ح تعود الحالة الى ما كانت عليها ويكون المكبس قد تحرك شوطين كاملين ذهابا وايابا وتكرر نفس الخطوات في شوطين تالين فكل شوطين أذن يكونان دورة كاملة وفي أثناء كل دورة يكون البخار قد أدى شغلا ممثلا بمساحة المستطيل ح د ه و . فاذا كان الضغط المطلق لبخار المرجل م_٢ والضغط الجوي م_١ مقدرا بالكيلو جرام على السنتيمتر المربع ومساحة وجه المكبس م سنتيمترا مربعا

$$\text{تكون القوة الدافعة للمكبس} = (م_٢ - م_١) \times م \text{ كيلو جراما}$$

والشغل الذي أداه البخار في دفعة للمكبس أثناء الشوط الذي طوله ل مترا

$$= (م_٢ - م_١) \times م \times ل \text{ كيلو جرام مترا}$$

وحيث أنه لا توجد قوة دافعة للمكبس أثناء شوط عودته لا يكون هناك

اي شغل وبعبارة أخرى فالشغل المؤدي في شوطين أو دورة كاملة

$$= (م_٢ - م_١) \times م \times ل \text{ كيلو جرام مترا}$$

= فرق الضغط على وجهي المكبس في مساحة المكبس في طول المشوار

ويسمى فرق الضغط هذا الضغط المتوسط الفعال وليكن م

$$\text{أي أن الشغل المؤدي في الدورة الواحدة} = م \times م \times ل$$

فاذا كان المحرك يدور بسرعة ن لفات في الدقيقة وحيث أن كل لفة يناظرها

شوطان للمكبس أي دورة كاملة يكون هناك ن دورات في كل دقيقة اي ان

الشغل المؤدي في الدقيقة الواحدة = م × م × ل × ن كيلو جرام مترا وحيث أن

الشغل الذي تؤديه قدرة مقدارها حصان واحد = ٧٥ كيلو جرام متراً في الثانية

$$\text{تكون قدرة المحرك بالحصان} = \frac{م \times م \times ل \times ن}{٦٠ \times ٧٥} = \frac{م \times م \times ل \times ن}{٤٥٠٠}$$

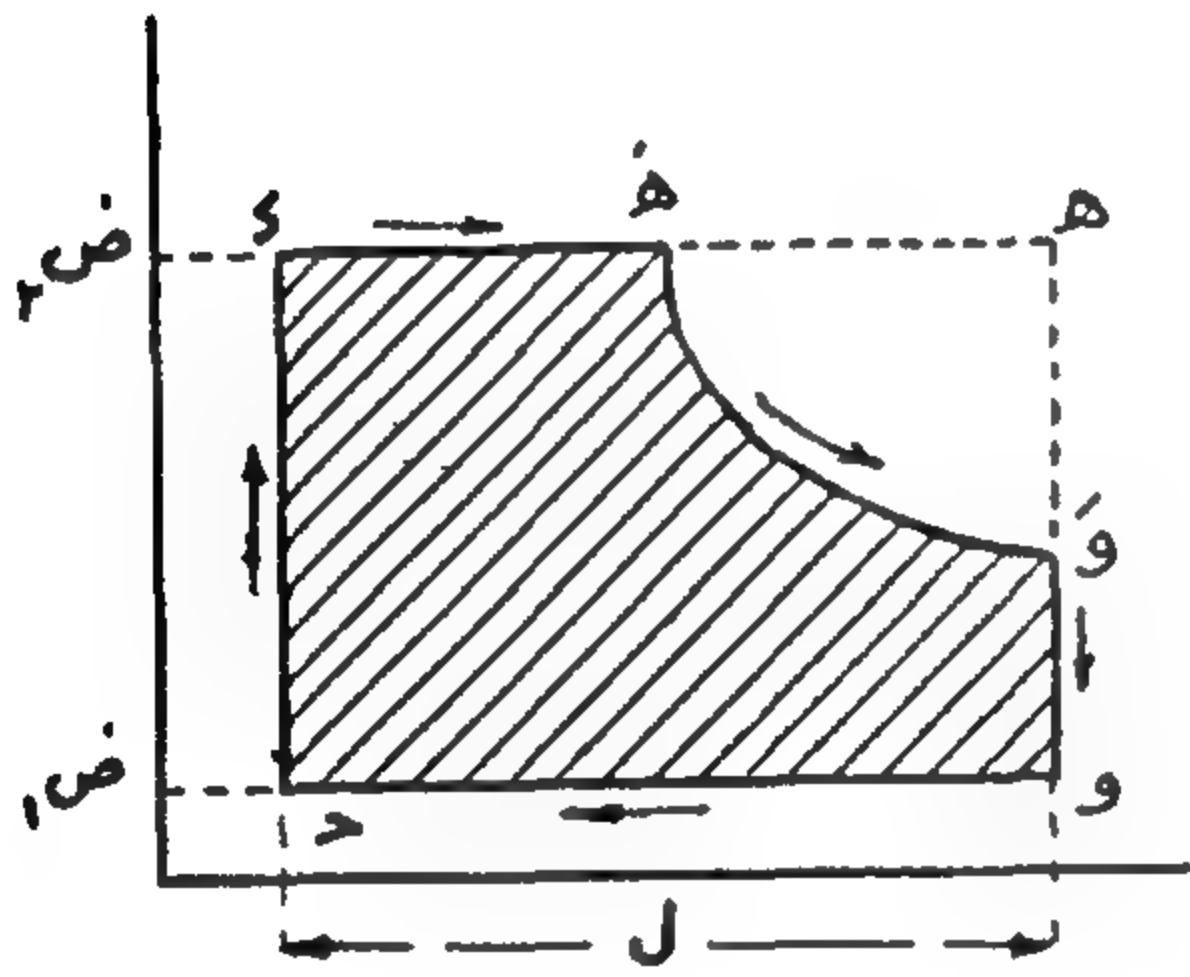
ويجب ملاحظة أن وحدات م هي الكيلو جرام على السنتيمتر المربع

وحدات م هي السنتيمتر المربع

» ل هي المتر

» ه لفة في الدقيقة

٥٥ - استعمال البخار تمديدا - يلاحظ في الدورة المشروحة في البند السابق أنه يستمر ايراد البخار أثناء شوط المكبس من أوله لآخره ثم يترك البخار لينفذ الى الهواء في نهاية الشوط وفي ذلك ما فيه من فقد ظاهر . ولتجنب هذا الفقد يقطع ايراد البخار عندما يسير المكبس نسبة معينة من الشوط يتعلق مقدارها بضغط البخار وعوامل أخرى لا محل لذكرها هنا - ويترك البخار



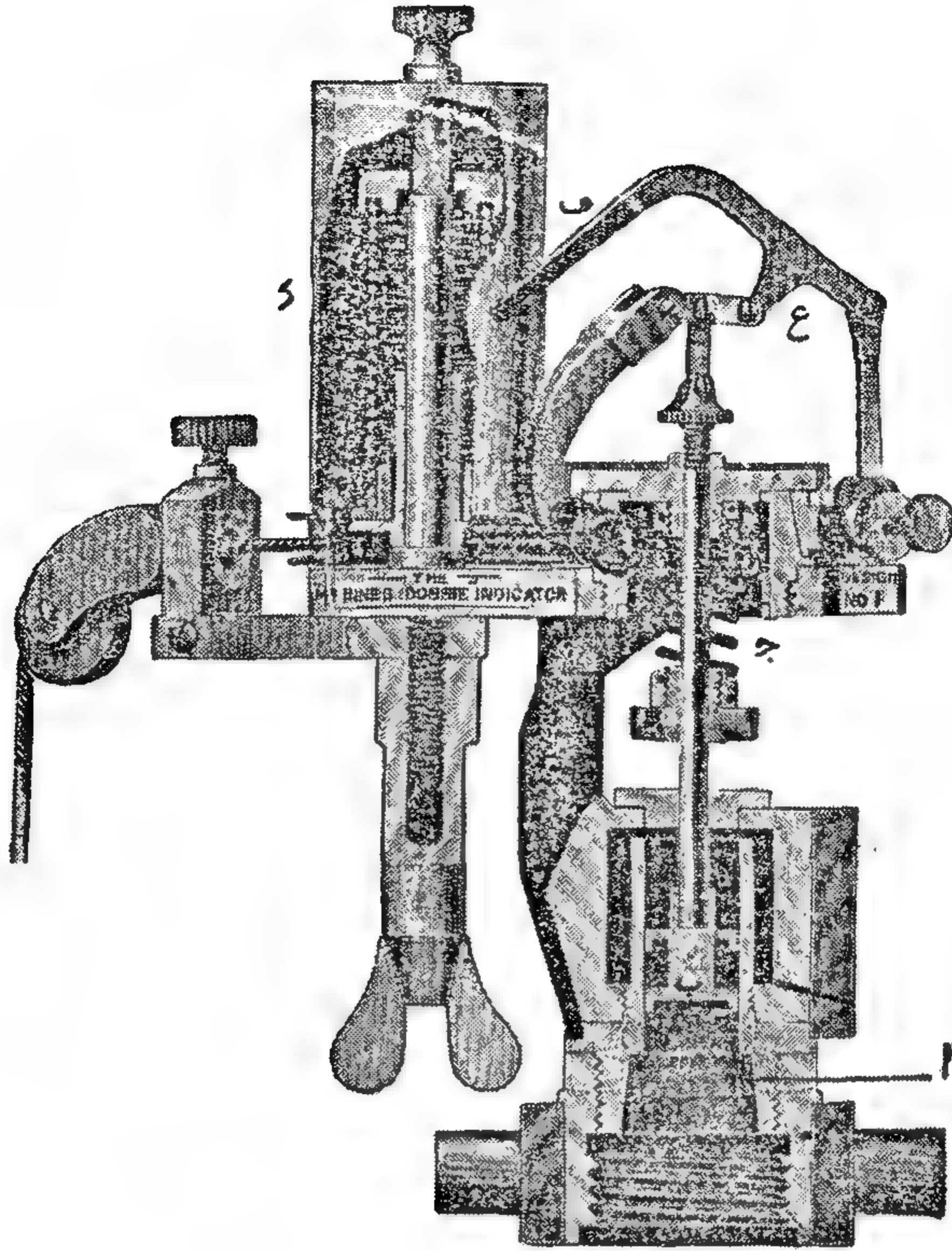
شكل ٣٨

المحبوس داخل الاسطوانة ليمدد دافعا المكبس بضغط متضائل الى آخر شوطه ويمثل تمديد البخار في الرسم البياني بالمنحني ه و شكل ٣٨ ويكون الشغل الذي أداه البخار داخل الاسطوانة مناسبا لمساحة الشكل ه و و و واضح أنه ولو أن هذا الشغل أقل من الشغل في حالة استمرار ايراد البخار لآخر الشوط

الا أن نسبة مقدار الشغل الى كمية البخار الواردة للاسطوانة أكبر بكثير في حالة استعماله تمديدا ومقدار الشغل المؤدي في الدورة الواحدة لا يزال مساويا لمتوسط الضغط الفعال مضروبا في مساحة المكبس في طول الشوط لانه اذا كانت م رمزا لمتوسط الضغط الفعال تكون الكمية (م ل) لا زالت مناسبة لمساحة الشكل البياني .

٥٦ - المبين - هو جهاز يركب في المحركات لرسم الشكل البياني

الذي يبين العلاقة بين الضغط داخل الاسطوانة وموضع المكبس - ويتركب من اسطوانة (١) (شكل ٣٩) ينفذ اليها البخار او الوسيط الحراري الذي يشتغل



شكل ٣٩ - الممين

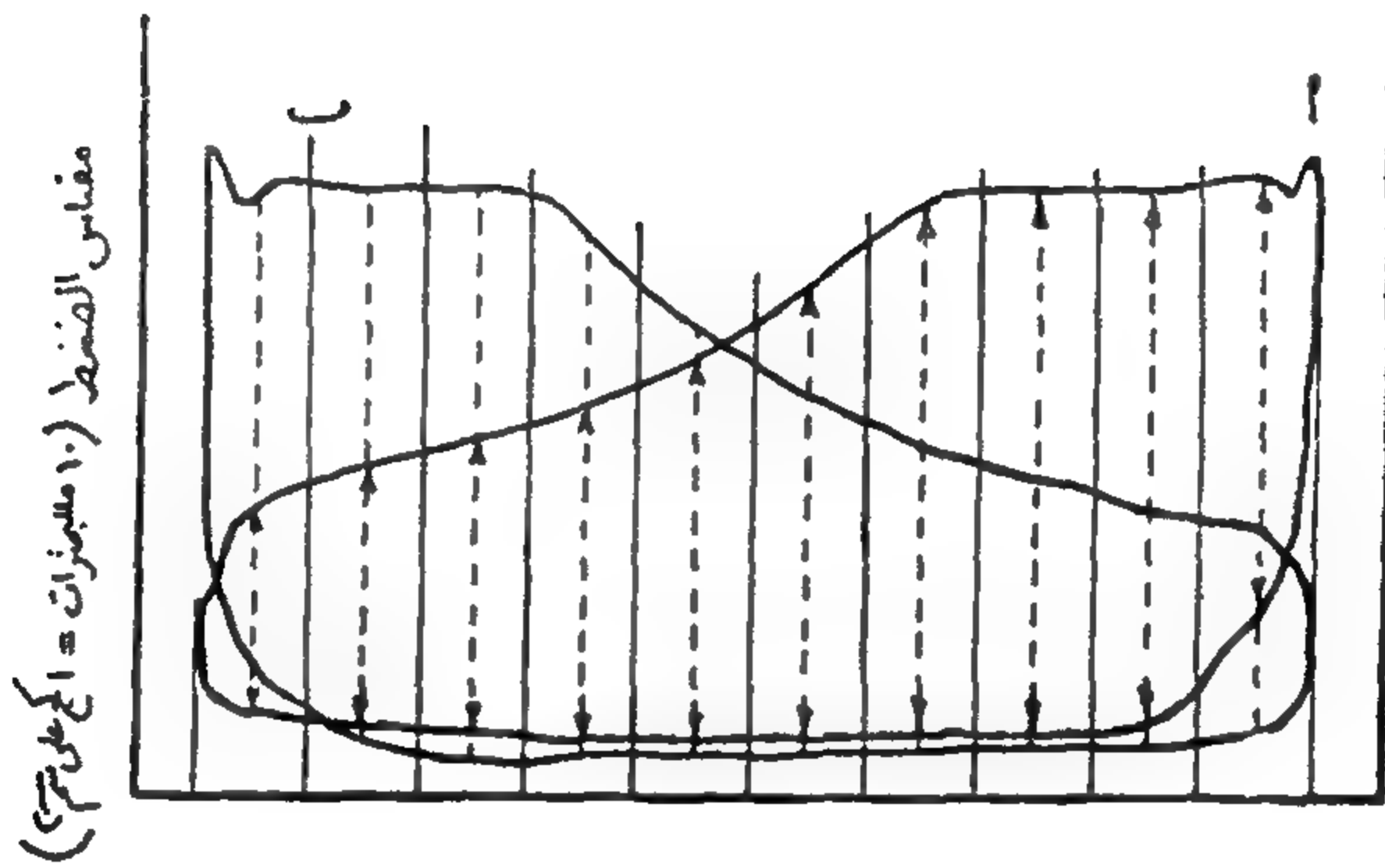
داخل اسطوانة المحرك . ويؤثر على مكبس صغير (ب) فيحركه الى اعلا ضد ضغط الياي (ح) وحركة مكبس الممين تنقل مكبرة الى طرف الرافعة (د) بواسطة التعشيقه المفصلية (ع) والغرض من هذه التعشيقه المحافظة على استقامة حركة طرف الرافعه . وتوضع قطعة من الرصاص او مسبار رفيع من النحاس في طرف الرافعة تتحرك على « كرت » ملفوف حول الاسطوانة (د) وهذه الاسطوانة تهتز اهتزازات دورانية حول محورها بتأثير خيط ملفوف حول اسفلها ويستمد الخيط حركته من نقطة مناسبة في اي قطعة من القطع التي تتحرك تردديا بحركة مناسبة لحركة مكبس المحرك . فالاهتزازات الافقية للاسطوانة (د) أذن مناسبة لحركة المكبس والحركة الرأسية لطرف الرافعة مناسبة للضغط النوعي على المكبس

وبذلك تكون الاحداثيات الرأسية للشكل المرسوم على الكرت مناسبة للضغط
بينما احداثياته الافقية مناسبة لحركة المكبس وحينئذ تكون مساحة الشكل
البياني المرسوم مناسبة للشغل المؤدي داخل اسطوانة المحرك ويسمى هذا الشغل
بالشغل البياني ويمكن استنتاج قدرة المحرك بواسطة كرت المبين بالمعالم الآتية :-
مقياس رسم الضغط في الكرت ويكتب هذا المقياس عادة على الياي المستعمل
في المبين .

قطر اسطوانة المحرك «ب»

طول شوط المكبس «ل»

سرعة الدوران «ن»



شكل ٤٠

وتسمى قدره المستنتجة على هذا النحو بالقدرة البيانية لأنها مستخرجة من
كرت المبين .

مثال : شكل ٤٠ هو كرت المبين المأخوذ من طرفي اسطوانة محرك بخاري
مزدوج التأثير قطر أسطوانته ٢٥ سنتيمترا وطول مشوار مكبسه ٤٠ سنتيمترا
وسرعة دورانه ٢٤٠ لفة في الدقيقة فإذا كان مقياس الضغوط في المبين هو ١٠
ملليمترات لكل كيلو جرام على السنتيمتر المربع أوجد القدرة البيانية للمحرك .
الحل : يلاحظ أن الكرت يحتوي على منحنين يانين متشابهين أحدهما

مأخوذ من الطرف الايمن اذا كان المحرك افقياً أو الطرف العلوى اذا كان رأسياً والمنحني الآخر مأخوذ من الطرف الآخر للأسطوانة .

أولاً - تقاس مساحة كل من المنحنيين على حدة أما بواسطة البلانيتر وهو جهاز خاص بقياس المساحات او بتقسيم المنحني الى عدة شقق متساوية وقياس الارتفاع المتوسط لكل شقة فتكون المساحة الكلية للمنحني تساوي مجموع مساحات الشقق اي مجموع الارتفاعات المتوسطة للشقق في عرض كل شقة .

ثانياً - تقسم المساحة على طول المنحني فيكون الناتج عبارة عن متوسط ارتفاع المنحني .

ثالثاً - يضرب متوسط الارتفاع في مقياس الضغط والناتج عبارة عن الضغط المتوسط الفعال (م) وبتتبع هذه الخطوات الثلاثة بالنسبة للكرت المين بشكل ٤٠ وجدت المقادير الآتية :-

المنحني	المساحة بالمليمتر المربع	الطول بالمليمتر	متوسط الارتفاع بالمليمتر	الضغط المتوسط الفعال بالكيلوجرام على السنتيمتر المربع
١	٢٢٣٢	٧٨	٢٨,٦	٢,٨٦
٢	٢١٢٥	٧٨	٢٧,٣	٢,٧٣

وحيث ان القدرة البيانية للمحرك تساوي مجموع القدرة في كل من طرفي الاسطوانة .

$$\therefore \text{القدرة البيانية للمحرك} = \frac{م_١ \times ل_١ \times ن_١}{٤٥٠٠} \times \frac{م_٢ \times ل_٢ \times ن_٢}{٤٥٠٠}$$

$$= \frac{م}{٤٥٠٠} (م_١ \times م_٢) \times ن \text{ حصاناً}$$

وحيث ان م و ل مقادير ثابتة بالنسبة للمحرك تكون الكمية $\frac{م}{٤٥٠٠}$ ثابتة

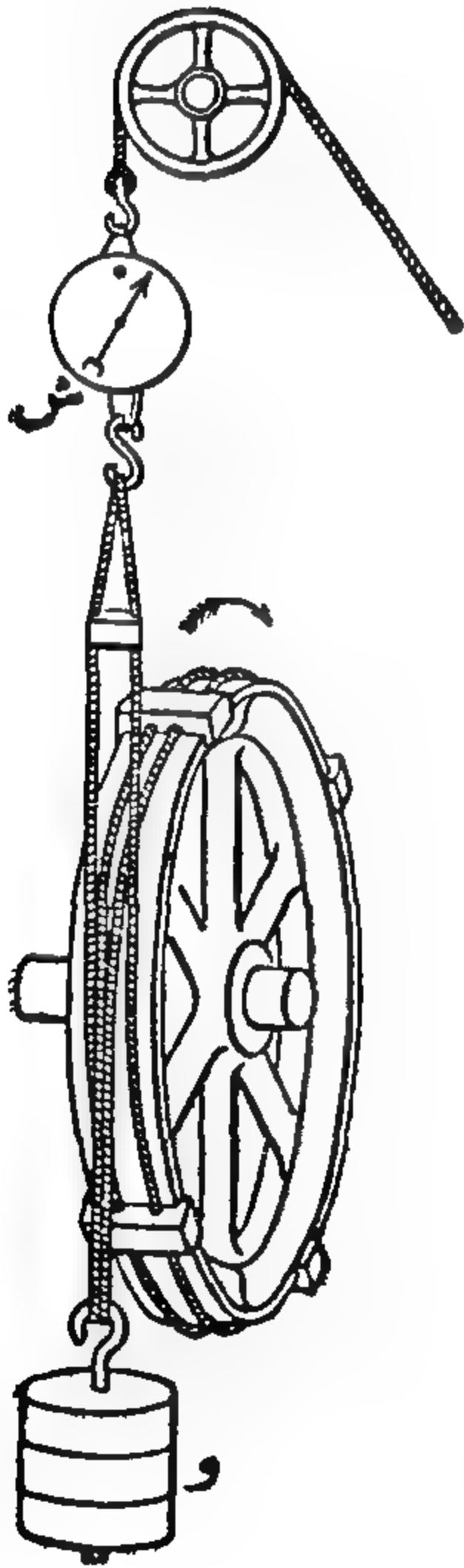
$$\frac{\frac{4}{3} \times 25 \times 25 \times \frac{1}{4}}{4000} \text{ بالنسبة للمحرك الواحد وتساوي في المثال المذكور}$$

$$= 0.0436$$

اي ان القدرة البيانية للمحرك = $0.0436 \times (1 \times 1)$

$$= 0.0436 \times (2.86 \times 2.73) \times 240$$

$$= 58.5 \text{ حصانا}$$



٥٧ - الفرقة الفرملية وقياسها - سبق

الاشارة الى أن حركة المكبس الناشئة من ضغط البخار تنتقل الى عامود ادارة المحرك بواسطة ساق المكبس وذراع التوصيل والمرفق ويمكن بذلك الارتفاع بالحركة الدورانية لعامود الادارة وبديهي أن تكون القدرة المنتفع بها عند عامود الادارة أقل من القدرة المتولدة من ضغط البخار في اسطوانة المحرك بمقدار الفقد في احتكاك الاجزاء المتحركة . وتسمى قدرة المحرك عند عامود ادارته الفرقة الفرملية وسميت فرمالية لانها تقاس عمليا بجهاز يسمى الفرملة وتكون الفرملة البسيطة من حبل من القنب ملفوف على طارة

المحرك المراد قياس قدرته ويربط أحد طرفي الحبل شكل ٤١ - فرملة حبلية في ميزان ذي زمبلك ويعلق في الطرف الثاني كفة ميزان يوضع عليها أثقال

معلومة المقدار ويلف أكثر من جبل واحد على محيط طارة المحرك اذا كانت قدرته عظيمة وفي هذه الحالة تجمع أطراف الجبال وتربط في الميزان من جهة وفي الكفة من الجهة الاخرى . وتحفظ طيات الجبال على أبعاد ثابتة من بعضها بواسطة كتل صغيرة من الخشب ذات شفتين .

ففي تجربة ما اذا كان الحمل المعلق في الكفة مقداره « و » كيلو جراما وقراءة الميزان « س » كيلو جراما ونصف قطر الطنبور مضافا اليه نصف قطر الجبل « ن » مترا يكون

$$\text{عزم المقاومة الاحتكاكية} = (و - س) \times ن$$

فاذا كانت سرعة دوران الطنبور « ن » لفات في الدقيقة

تكون القدرة المفقودة في الاحتكاك أي القدرة الفرملية للمحرك =

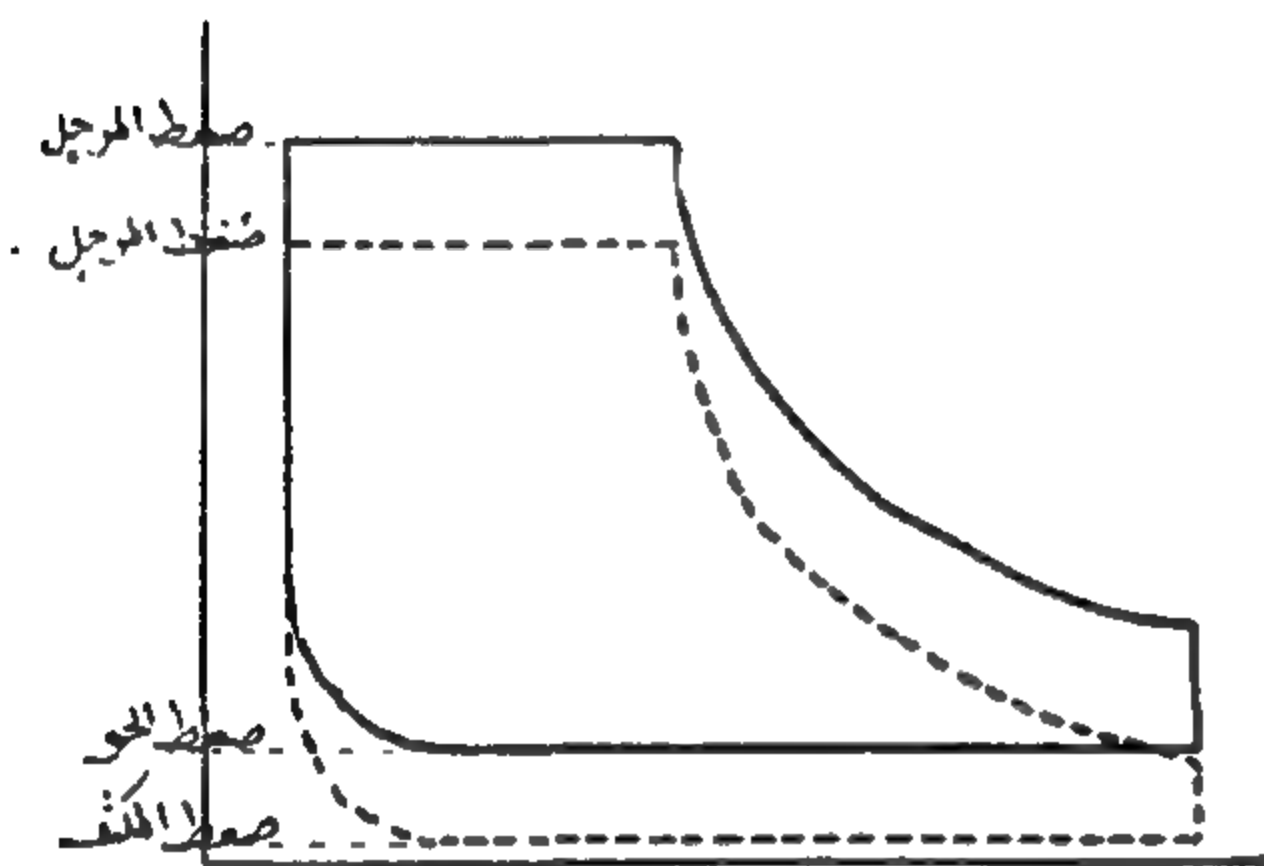
$$٣ ط ن \times س (و - س) \text{ كيلو جرام مترا في الدقيقة}$$

$$\text{أو } \frac{٢ ط ن \times س (و - س)}{٢٥٠٠} \text{ حصانا}$$

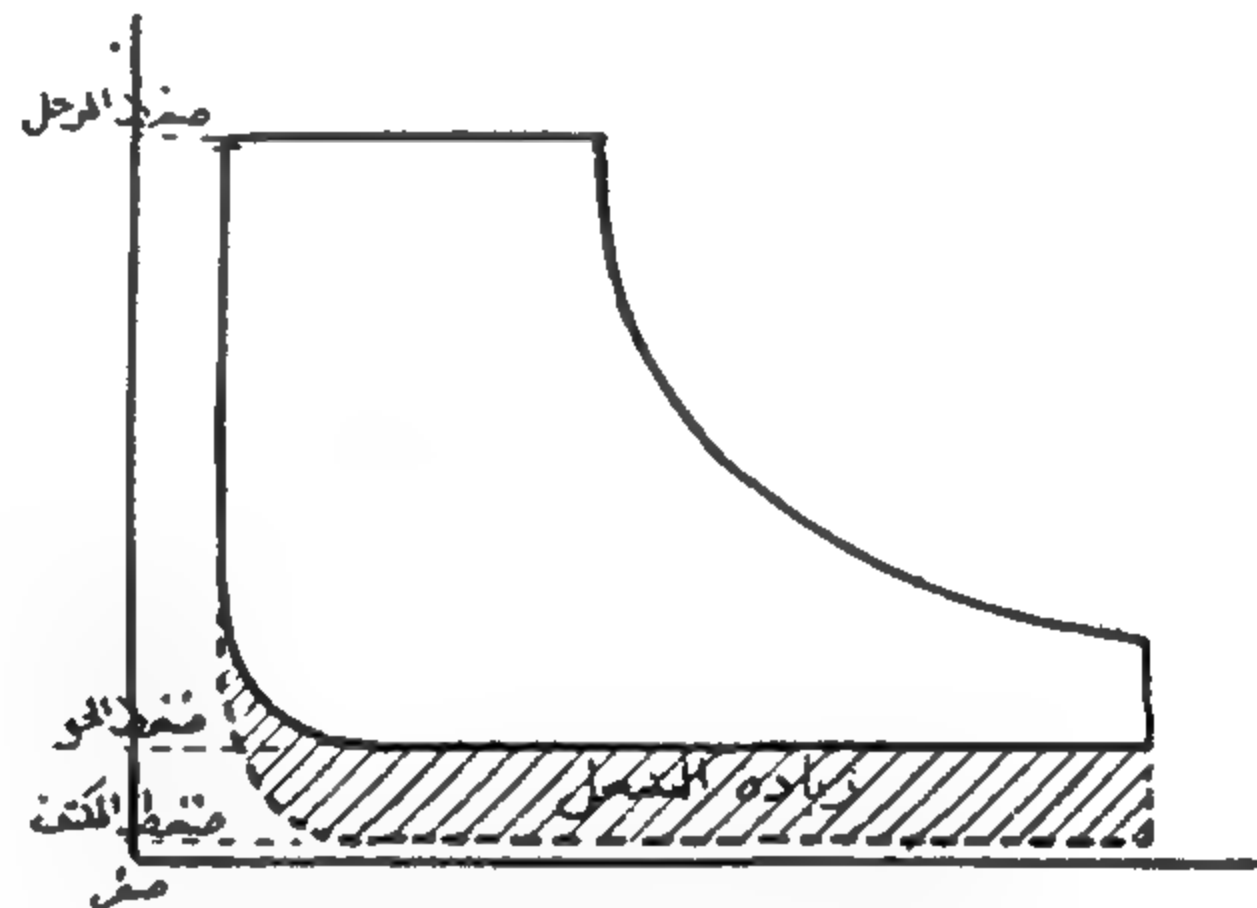
والنسبة بين القدرة الفرملية والقدرة البيانية للمحرك هي الجودة الميكانيكية للمحرك وتختلف من ٧٥٪ الى ٩٠٪ .

٥٨ - المحركات المكثفة - يقال للمحرك أنه من النوع المكثف عندما يكون أنصراف البخار منه الى أناء يتكثف فيه أما بخلطه بالماء البارد ويسمى حينئذ مكثف بالانصباب أو بلامسته للسطوح الخارجية لا نايب نحاسية رفيعة كثيرة العدد يخرقها الماء البارد ويسمى حينئذ مكثف سطحي وتأثير المكثف على المحرك هو تخفيض الضغط الخلفي على المكبس أذ بدلا من أن يكون مساويا للضغط الجوي الناشئ من انصراف البخار الى الهواء يكون الضغط الخلفي مساويا للضغط داخل المكثف الذي هو أقل من الضغط الجوي ويمكن وصوله الى ٠.٣ كيلو جرام على السنتيمتر المربع ضغطا مطلقا أو أقل من الضغط الجوي بمقدار ٠.٩٧ كج على السنتيمتر المربع وحيث أن القوة الدافعة للمكبس مناسبة للفرق بين

ضغط البخار على احد وجهي المكبس والضغط على الوجه الآخر فيكون تأثير تخفيض الضغط الخلفي زيادة فرق الضغط وبالتالي زيادة القوة الدافعة للمكبس ويرتب على ذلك زيادة قدرة المحرك . أذن يكون المحرك المكثف اكبر قدرة من غير المكثف مع تساوي الحجم وضغط البخار الوارد من المرجل أو اذا تساوت قدرة محركين متساويي الحجم فيمكن تشغيل المحرك المكثف ببخار أقل ضغطاً من البخار الذي يشتغل في المحرك غير المكثف . ويرى من شكلي ٤٢ و ٤٣ تأثير المكثف على المنحنيات البيانية أولاً . اذا تساوت الضغوط الابتدائية لبخار المرجل وثانياً - اذا تساوت القدرة .

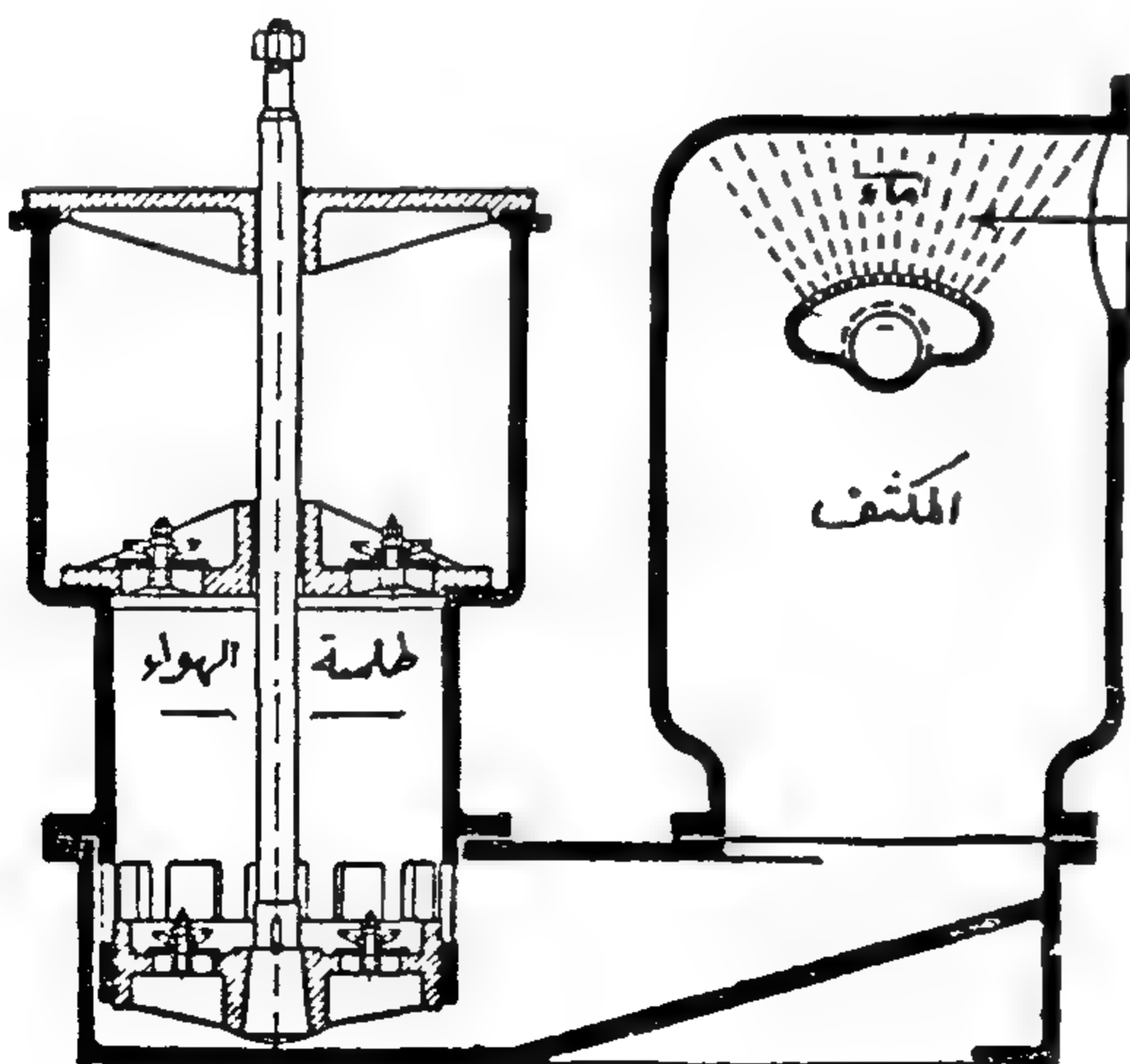


شکل ۴۳



شکل ۴۲

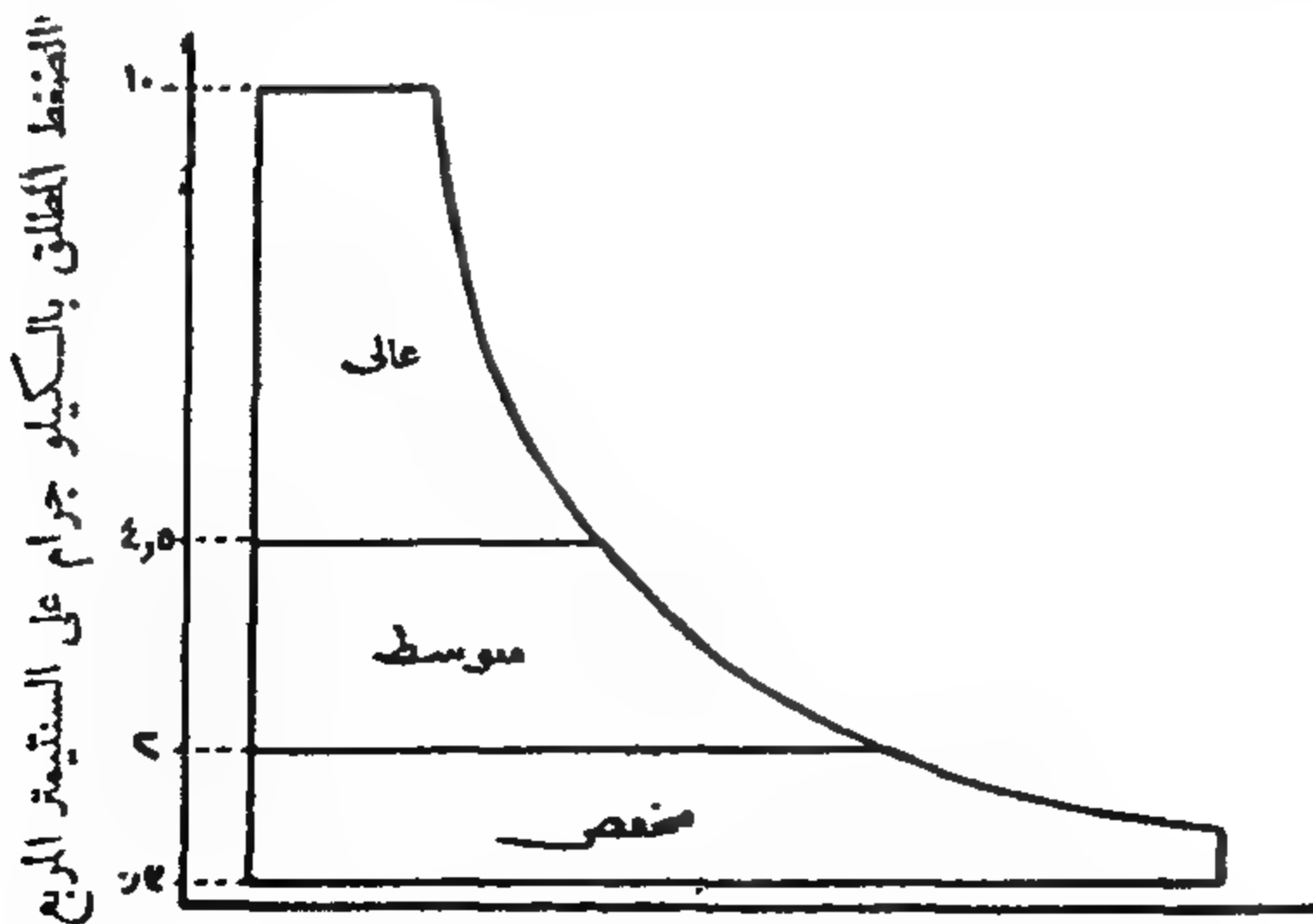
٥٩ - المكثف بالانصباب - يتكون هذا المكثف من اناء محكم من



شکل ۴۴۔ مکثف بالانصباب

الزهر ينفذ اليه البخار
العا دم ويقابل رذاذا قويا يحار
من الماء البارد فيتكاثف -
ويسقط ماء التكثيف والبخار
المكثف الى اسفل المكثف
حيث يمتصه طلمبه خاصة
تسمى « طلمبة الهواء »
وتنقله للخارج وشكل ٤٤
يبين نوع بسيط من هذه
المكثفات ومعه طلمبة الهواء

٦١ - المحركات المركبة - برهنت التجارب على أن زيادة ضغط البخار الوارد للمحرك يصحبها تحسين في جودة المحرك ولذا كان تقدم صناعة المحركات البخارية ومراجعتها نحو زيادة الضغط فقد كان ضغط البخار في أول اختراع المحرك لا يزيد عن الضغط الجوي كثيراً والآن أصبحت ٣٠ كج على السنتيمتر المربع من الضغوط المعتادة ولا تزال الأبحاث جارية على ضغوط تباع المائة كيلو جراماً ولا يبعد أن تكون هذه هي ضغوط البخار الشائعة الاستعمال في المستقبل القريب . ولما كانت زيادة الضغط يجب أن يصحبها زيادة في مدى تمدد البخار في المحرك وكان من الصعب تمدد هذا البخار في اسطوانة واحدة ليس فقط لأن ذلك يستلزم طولاً عظيماً في شوط المكبس وما يصحب ذلك من كبر حجم المحرك مما لا يتفق والاقتصاد في تكاليف صنع المحرك بل أيضاً لأن التمدد الكبير المدى داخل اسطوانة واحدة ينشأ عنه نقص عظيم في الجودة الحرارية للمحرك . لهذه الاعتبارات يقسم تمدد البخار على اسطوانتين أو أكثر حسب ضغط البخار الوارد فإذا أريد مثلاً أن يكون تمدد البخار من ضغط مطلق قدره ١٠ كيلو جرامات على السنتيمتر المربع (ضغط المرجل) إلى ٨٠ ر. كج على السنتيمتر المربع (ضغط انصراف البخار إلى المكثف) فعوضاً عن أن يتمدد البخار داخل اسطوانة واحدة كما هو مبين غرافياً بالمنحنى البياني أ ب ج د هـ شكل ٤٦ يقسم التمدد على ثلاثة اسطوانات مثلاً بحيث يكون الشغل الذي يؤديه البخار في كل منها مساوياً لثالث الشغل الكلي لو تمدد البخار في اسطوانة واحدة أي يقسم المنحنى البياني إلى ثلاثة مساحات متساوية بقدر الامكان بخطوط أفقية تحدد مدى التمدد في كل من الثلاثة اسطوانات مثلاً



شكل ٤٦ - المنحنى البياني النظري لمحرك مركب

بتمدد البخار من ضغط المرجل الى ضغط مقداره اربعة كيلو جرامات على السنتيمتر المربع في الاسطوانة الاولى ثم من اربعة كيلو جرامات الى ١,٥ كج في الاسطوانة الثانية ومن هذا الضغط الى ٠,٨ في الثالثة وتسمى الاسطوانة الاولى بأسطوانة الضغط العالي والثانية اسطوانة الضغط المتوسط والثالثة اسطوانة المنخفض وحيث انه بانخفاض ضغط البخار يزيد حجمه النوعي فليس من الصعب الاستدلال على ان سعة الاسطوانات تزايد بأطراد من اسطوانة الضغط العالي الى اسطوانة الضغط المنخفض وحيث ان المعتاد ان تشتغل جميع الاسطوانات على عامود ادارة واحد ذات مرافق متساوية الطول اي ان كل الاسطوانات متساوية الاشواط فيترتب على زيادة السعة زيادة الاقطار الداخلية للاسطوانات .

شكل ٤٧ يبين قطاعا راسيا في محرك بخاري ثلاثي التمدد وضعت فيه الثلاثة اسطوانات بمحاذاة بعضها وبترتيب ضغوط البخار فيها وتشتغل على ثلاثة مرافق متساوية في عامود ادارة واحد وليس هذا المثال سوى احد الطرق العديدة لترتيب ووضع الاسطوانات .

٦٢ - أنواع المحركات المركبة - يمكن تقسيم المحركات المركبة الى ثلاثة

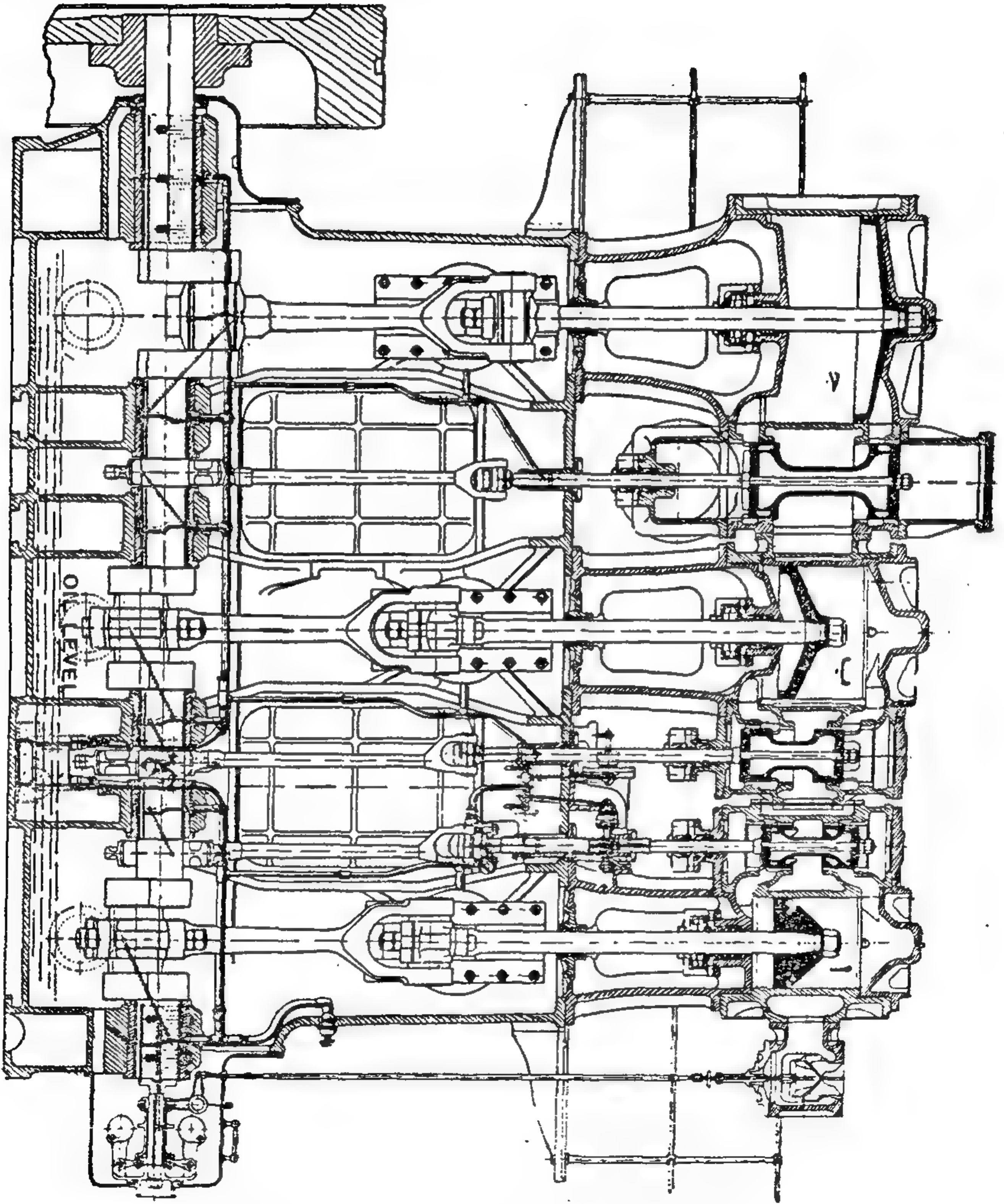
أقسام : -

(١) - ثنائية التمدد (ب) ثلاثية التمدد (ح) رباعية التمدد وليس هناك

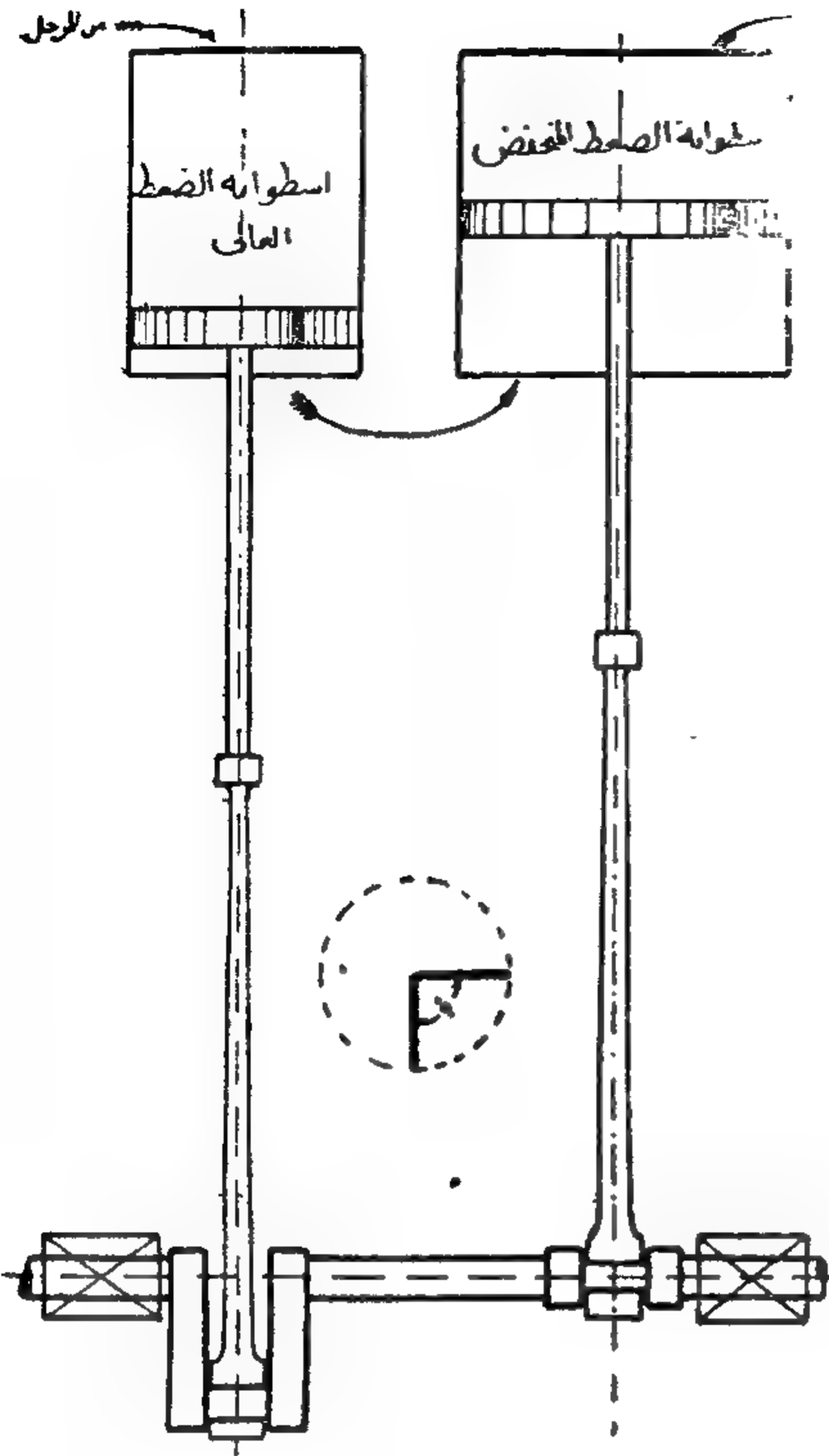
فائدة من زيادة تقسيم التمدد الى أكثر من أربعة أقسام

والشكلان ٤٨ و ٤٩ يبينان بعض الانظمة العديدة لوضع وترتيب

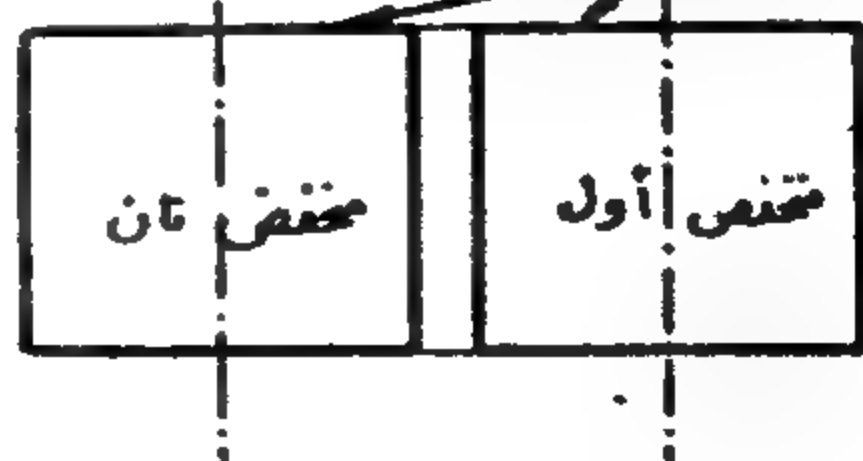
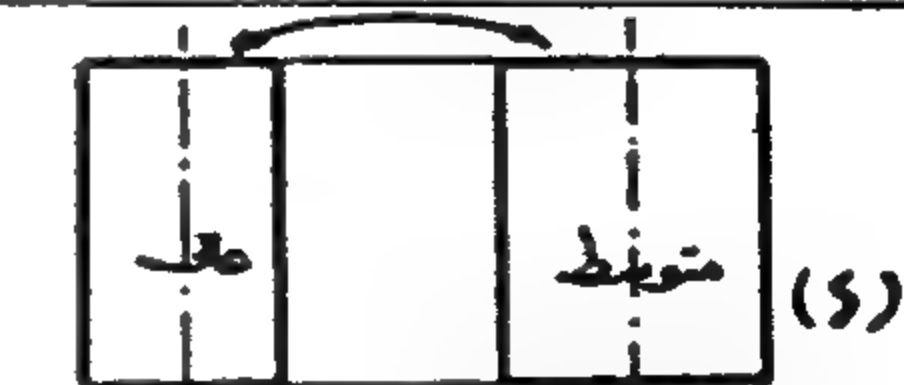
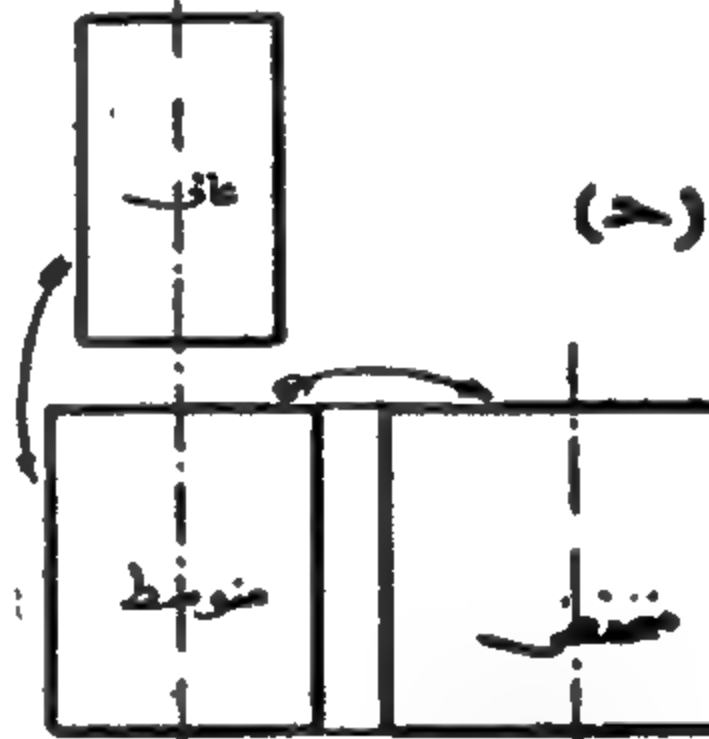
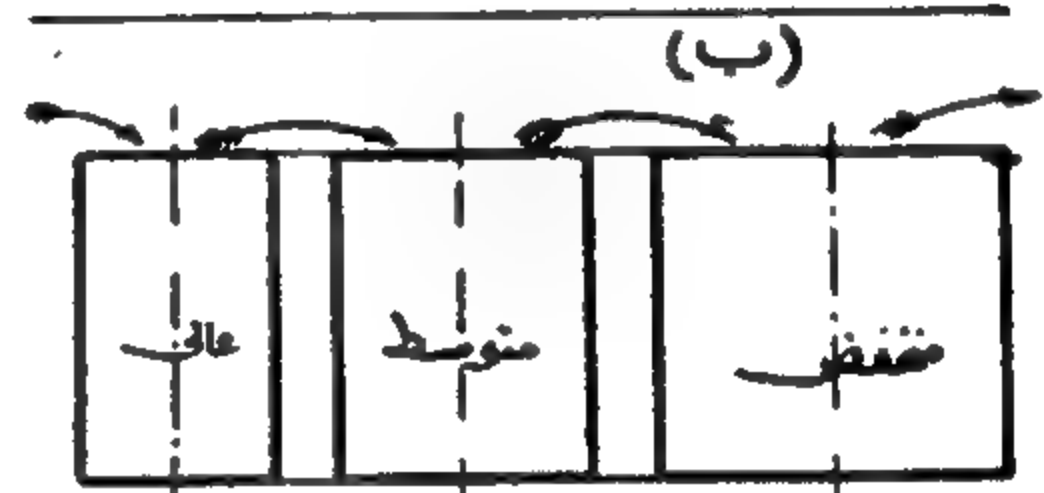
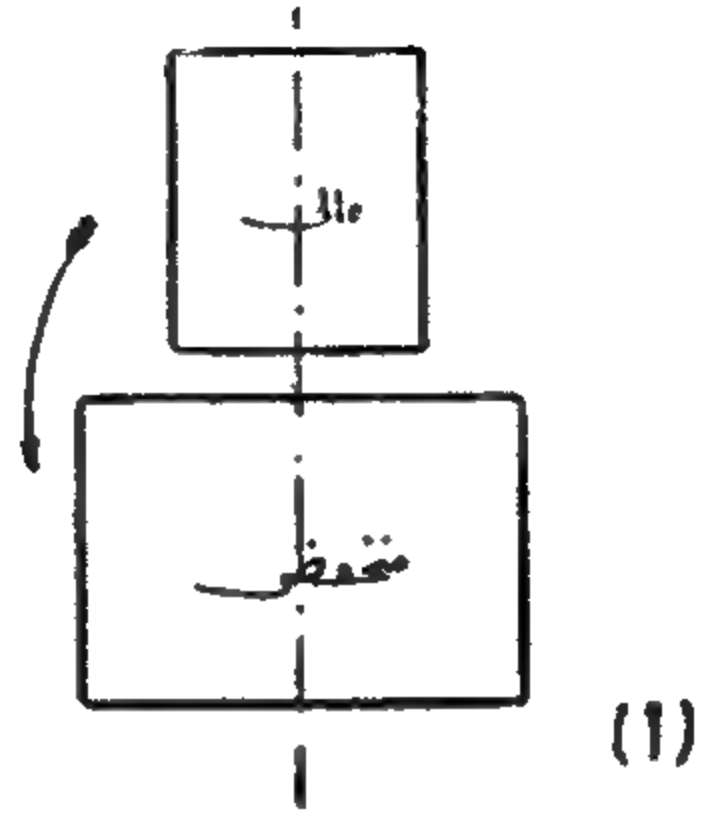
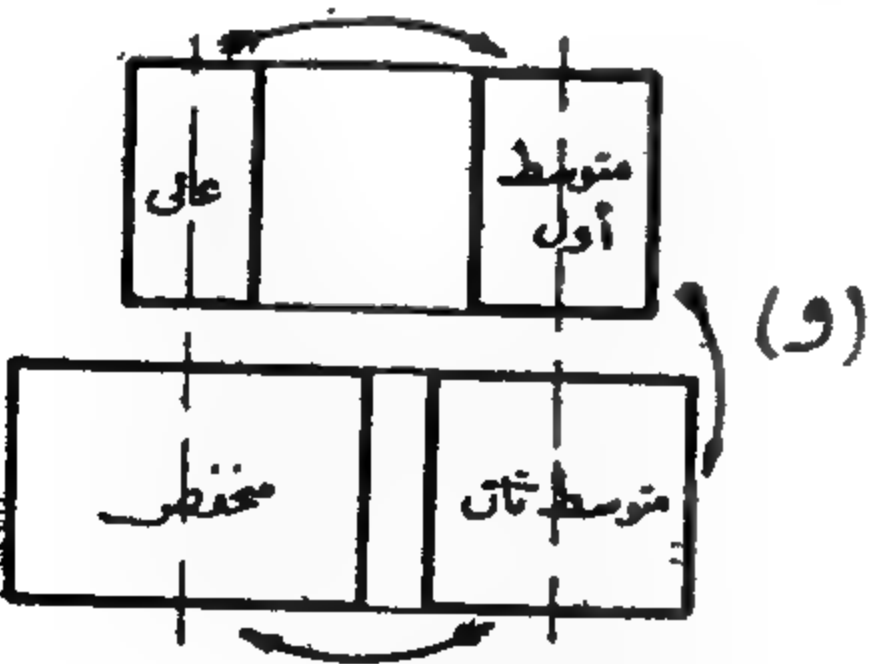
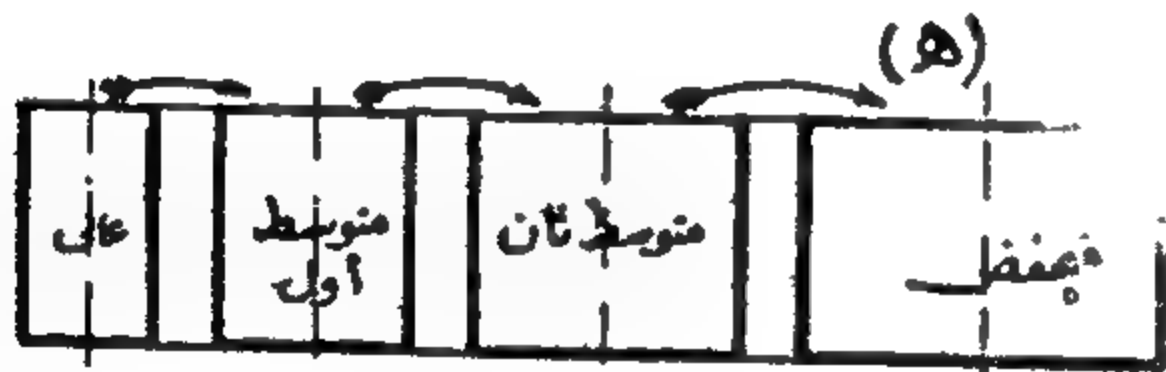
الاسطوانات.



شكل ٤٧ - محرك بخاري ترددي ثلاثي التمدد ذو ثلاثة أسطوانات بمحاذاة بعضها



شكل ٤٨ - محرك مركب ثنائي التمدد



شكل ٤٩ - بعض أنظمة ترتيب الاسطوانات في المحركات المركبة

أ - ثنائي تاندم

ب - ثلاثي

ج - ثلاثي تاندم

د - ثلاثي

هـ - ثلاثي نصف تاندم

تمرينات

١ - المطلوب إيجاد القدره البيانیه لمحرك بخاري مزدوج التأثير قطر اسطوانته ٤٠ سنتيمترا وطول الشوط ٦٠ سنتيمترا وسرعته ٧٠ لفة في الدقيقة اذا كان متوسط الضغط الفعال على كل من وجهي المكبس ٢ كيلو جرام على السنتيمتر المربع .

٢ - ما قطر أسطوانة المحرك البخاري المزدوج التأثير الذي قدرته البيانیه ٥٠ حصانا وطول شوطه ١٢٠ سنتيمترا وسرعته ٤٠ لفة في الدقيقة ومتوسط الضغط الفعال للبخار ٢ كج على السنتيمتر المربع .

٣ - بخار ضغطه الابتدائي المطاق ٥ كج على السنتيمتر المربع أستعمل في محركين أحدهما مكثف والآخر بدون مكثف ثم قطع البخار في المحرك الاول في $\frac{1}{4}$ الشوط وكان الضغط الخلفي المطلق ٢,٠ كج على السنتيمتر المربع وفي المحرك الآخر قطع البخار في $\frac{1}{4}$ الشوط وكان الضغط الخلفي ١,٢ كج على السنتيمتر المربع فبفرض أن اسطوانتي المحركين متساويتان في القطر وطول الشوط - ارسم منحنى المبين النظري في كلتا الحالتين وقارن بين الشغل النسبي الذي يعمل ووزن البخار المستعمل في الحالتين .

٤ - اذا كان الارتفاع المتوسط لمنحنى مبين ٤٠ ملليمترا والمقياس ١٠ ملليمترات للكيلو جرام على السنتيمتر المربع وقطر المكبس ٣٠ سنتيمترا وسرعة المحرك ١١٠ لفات في الدقيقة . أوجد القدره البيانیه للمحرك بالحصان .

٥ - محرك بخاري مركب ثنائي التمدد قطر أسطوانة الضغط العالي ٢١ بوصة وقطر اسطوانة الضغط المنخفض ٣٦ بوصة وطول الشوط في كلا الاسطوانتين ثلاثة اقدام وقطر ساق المكبس في كلا الحالتين ٤,٥ بوصة فاذا وجد بالتجربة ان متوسط الضغط الفعال على كل من ناحيتي المكبس هو ٤,١٥ رطل على البوصة المربعة في اسطوانة الضغط العالي و ١٢,١٤ رطل على البوصة المربعة في اسطوانة الضغط المنخفض وسرعة المحرك ١٠٠,٦ لفة في الدقيقة . أوجد القدره البيانیه للمحرك .

٦ - محرك مركب ثلاثي التمدد ذو ثلاثة اسطوانات أخذت منه البيانات الآتية في تجربة ما :

اسطوانة الضغط المنخفض	اسطوانة الضغط المتوسط	اسطوانة الضغط العالي	
٤١ بوصة	٢٢	١٦	القطر الداخلى
» ٢٧	٢٧	٢٧	طول الشوط
٤,٦٢ بوصة مربعة	٤,٣	٣,٨٥	مساحة منحنى المبين
٤,٤٥ بوصة	٤,٤	٤,٤٥	طول المنحنى
رطلا على البوصه المربعة لكل بوصة ١٢	٣٢	٨٠	مقياس المبين

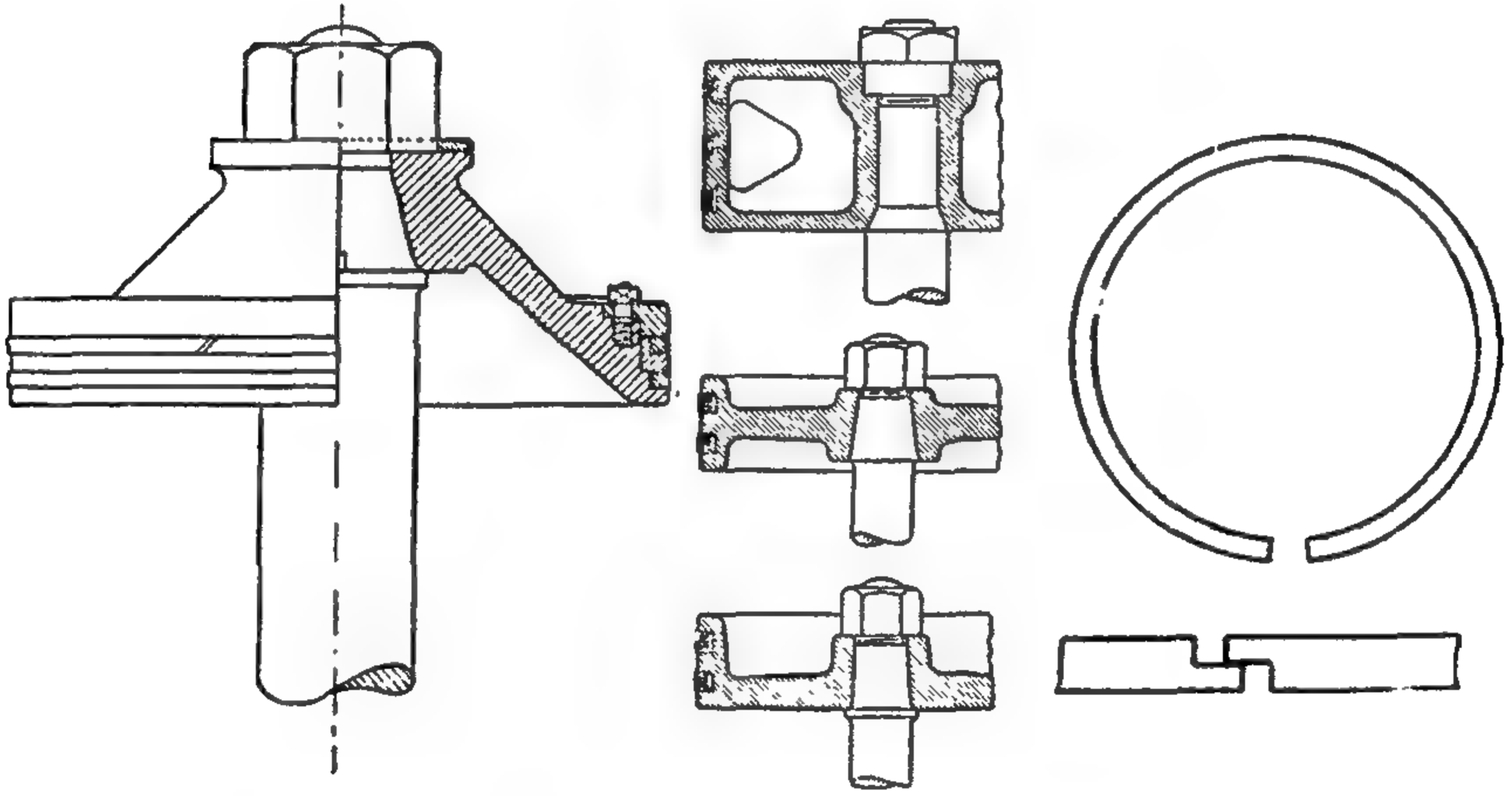
فاذا كان المحرك مزدوج التأثير وسرعته ١٨٠ لفة في الدقيقة أوجد قدرته
البيانية بالحصان . ثم بفرض ان الجوده الآلية للمحرك ٨٥ ٪ . اوجد القدرة
الفرملية للمحرك بالحصان .



الفصل الخامس

تفاصيل المحرك البخارى الترددى

- ٦٣ - المكبس - يجب أن يتوفر في هذا العضو من المحرك شرطان أساسيان .
١ - أن يكون من المتانة بحيث يمكنه نقل قوة دفع البخار الى باقى الاجزاء المتحركة .



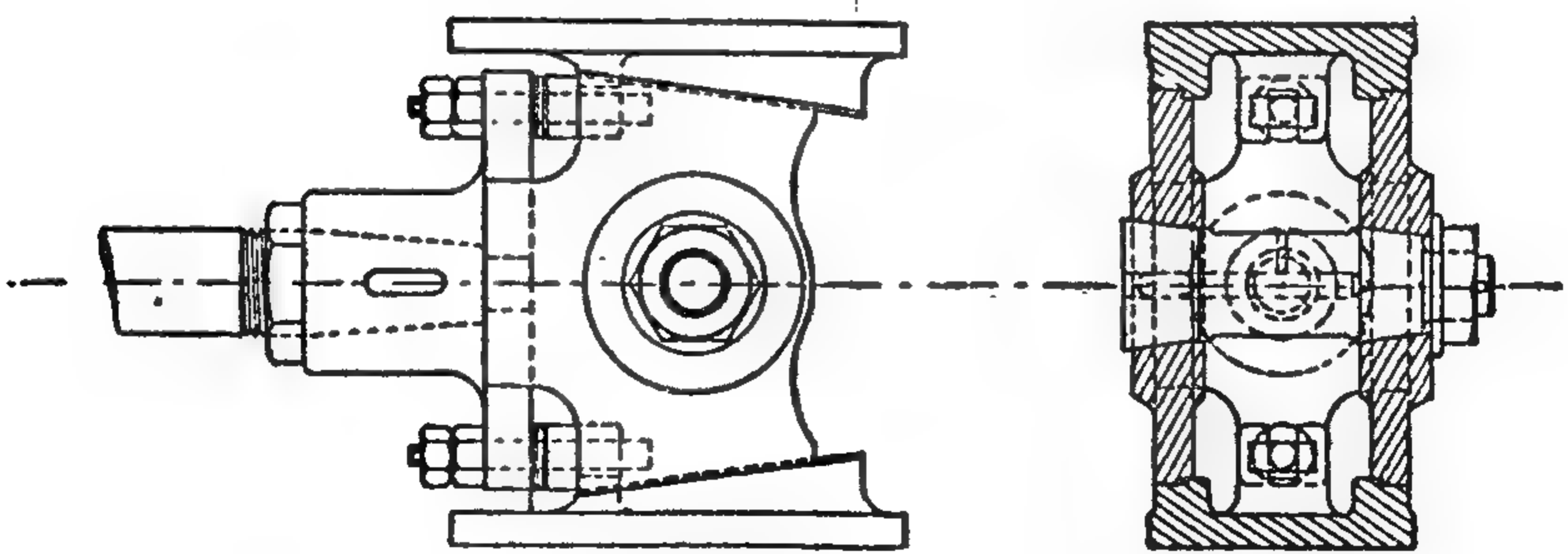
شكل ٥١ - شنب المكبس شكل ٥٠ - بعض أشكال المكبس

٢ - أن يكون محكما في الاسطوانة بحيث لا ينفذ البخار من احد جانبي الاسطوانة للآخر بدون أن يترتب على ذلك مقاومة احتكاكية كبيرة . وتصنع المكابس بوجه عام من حديد الزهر المتقارب الحبيبات على أشكال عديدة يظهر منها أربعة أمثلة في شكل ٥٠ ويتصل الساق بالمكبس اتصالاً متيناً بأن يكون طرفه مسلوفاً بدرجة خفيفة حتى إذا شد الرباط على الصامولة انحسر طرف الساق داخل الثقب المعد له في المكبس وكان من الصعب أخراجه .

وقد وجد أن أنجع الوسائل لأحكام المكبس داخل الاسطوانة بحيث يمنع رشح البخار أن تركيب شتاير من الزهر على شكل حلقات مفتوحة في فتحات مخروطة على محيط المكبس شكل ٥١ وتصنع هذه الشتاير من الزهر الطري بحيث يكون قطرها الطبيعي أكبر قليلاً من قطر الاسطوانة حتى إذا ما ركبت على المكبس وأدخل المكبس في الاسطوانة انضغطت الى قطر الاسطوانة وكان بين الشتاير وسطح الاسطوانة ضغطاً كافياً لمنع رشح البخار بدون أن يترتب على ذلك مقاومة احتكاكية كبيرة أثناء حركة المكبس .

وتصنع المكابس أحياناً على شكل مخروطي لزيادة تحمل هذا الشكل للضغط الواقع عليه في اتجاه محور المخروط كما أنه يمكن حينئذ عمل هذه المكابس أما من الصلب المصبوب أو الصلب الطري .

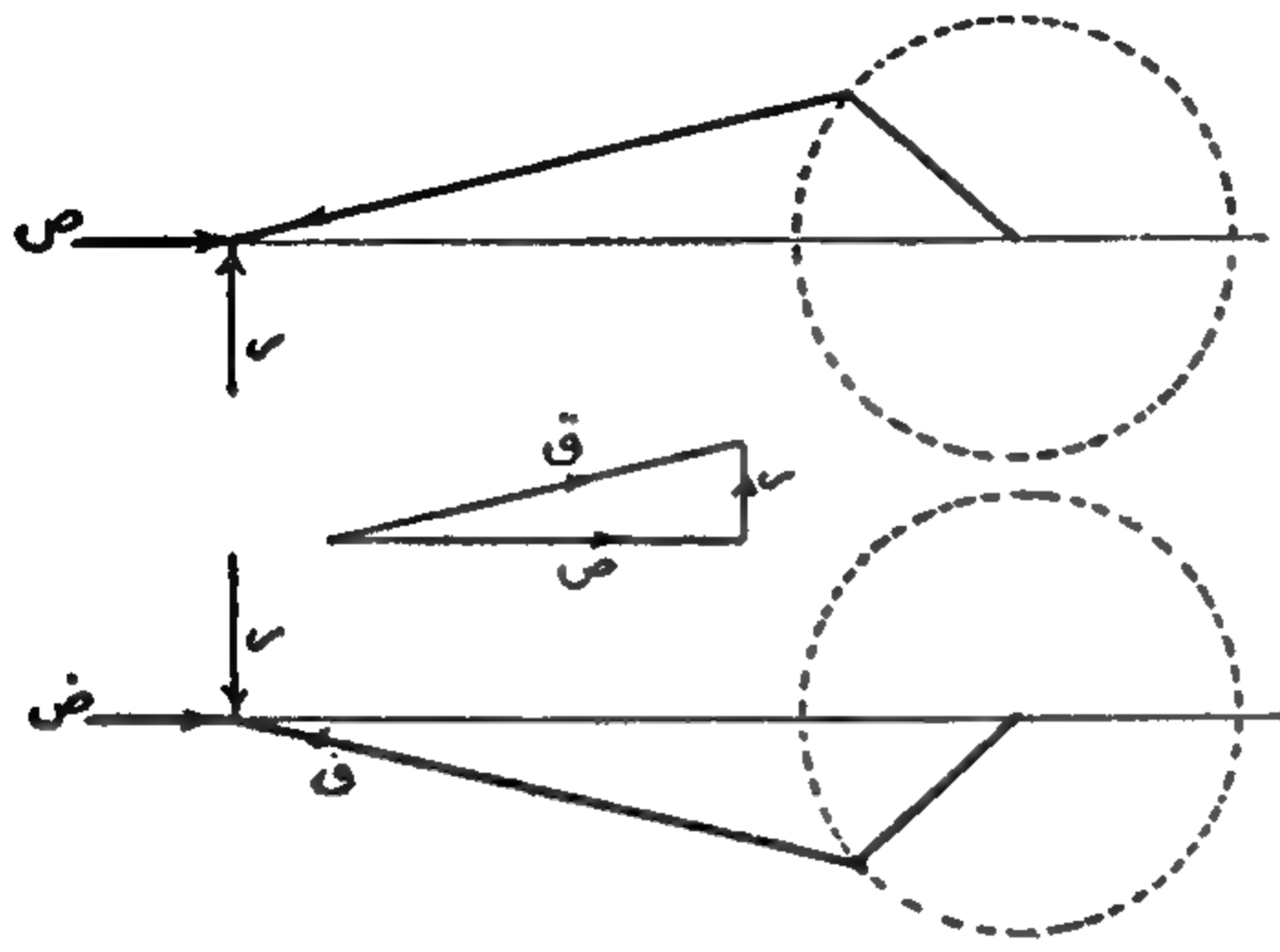
٦٤ - الطربوش - تؤدي هذه القطعة ثلاث وظائف فهي تكون اتصال نهاية ساق المكبس بذراع التوصيل كما أنها تمكن ذراع التوصيل من حركته المفصليه عند هذه النقطة وثالثاً تكون بمثابة دليل لحركة الساق الترددية في خط مستقيم .



شكل ٥٢

ويربط ساق المكبس بالطربوش بطرق كثيرة أعما وأحسنها هي المينة بشكل ٥٢ حيث يسلب طرف الساق ويثبت داخل جلبه الطربوش بواسطة

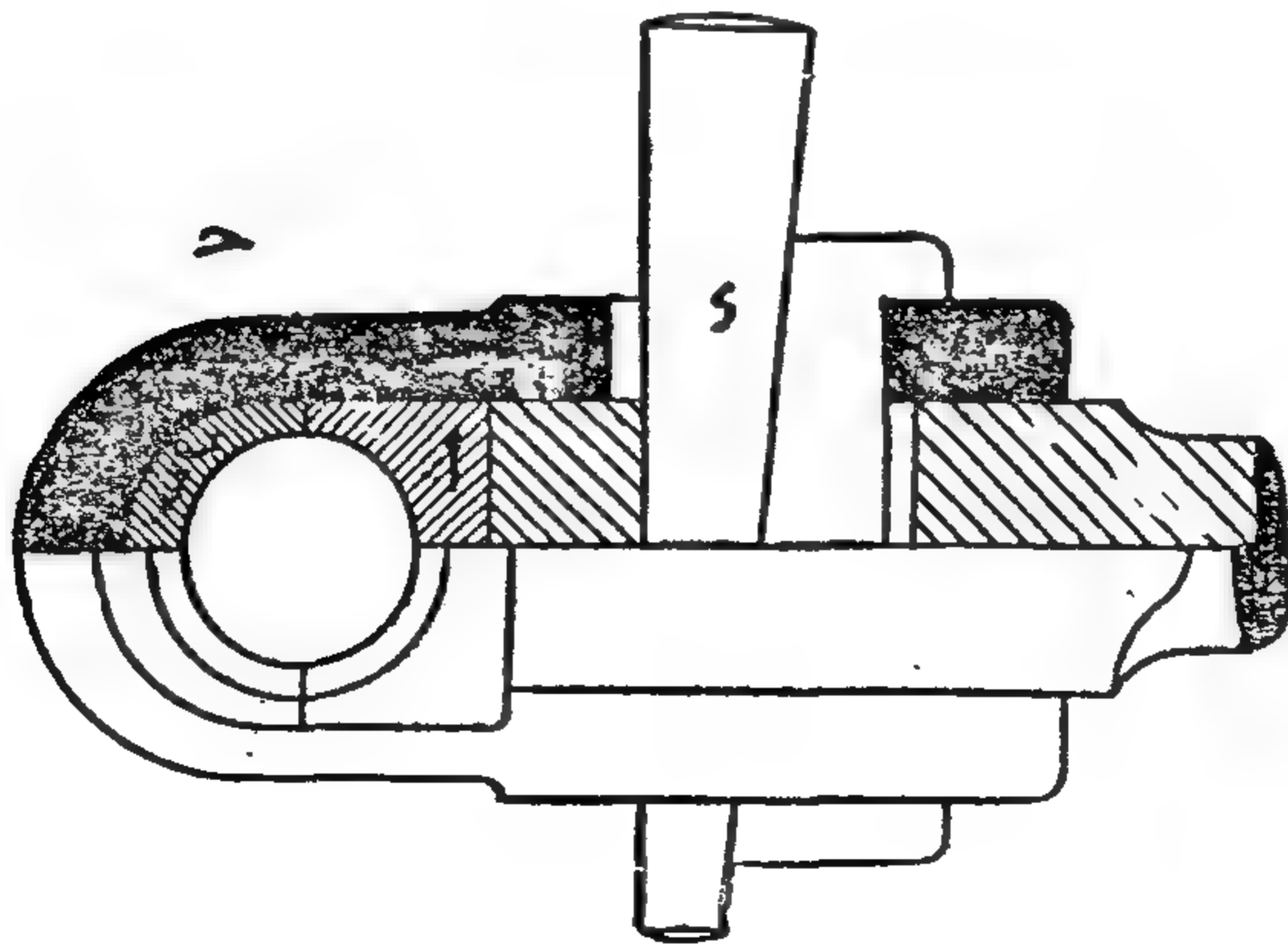
خابور مسلوب . وتتصل نهاية ذراع التوصيل بالطربوش بواسطة بنز مثبت في صدغي الطربوش بحيث يمكن للذراع أن يهتز حول هذا البنز بحركة ترددية .



شكل ٥٣

ويرى من شكل ٥٣ أنه في انتقال قوة الدفع من ساق المكبس الى ذراع التوصيل تنشأ قوة رأسية عند نقطة الاتصال يجب موازنتها والا فإنها تميل لثني ساق المكبس . ولهذا الغرض يتحرك الطربوش بين دليلين مثبتين في غرش المحرك والقطعتين من

الطربوش التي يكون بينهما وبين الدليلين احتكاك يسميان (قباقيب) وأحسن الطرايش هي التي يسهل فيها التعويض عن التآكل الناشئ من الاحتكاك أولاً بأول اوامكان تغيير القطع التي تتآكل بأقل نفقة ممكنة وبأقل تعطيل في العمل. وفي المحركات الصغيرة تكون القباقيب جزءاً غير منفصل من الطربوش وأغلب الطرايش يصنع من الزهر.

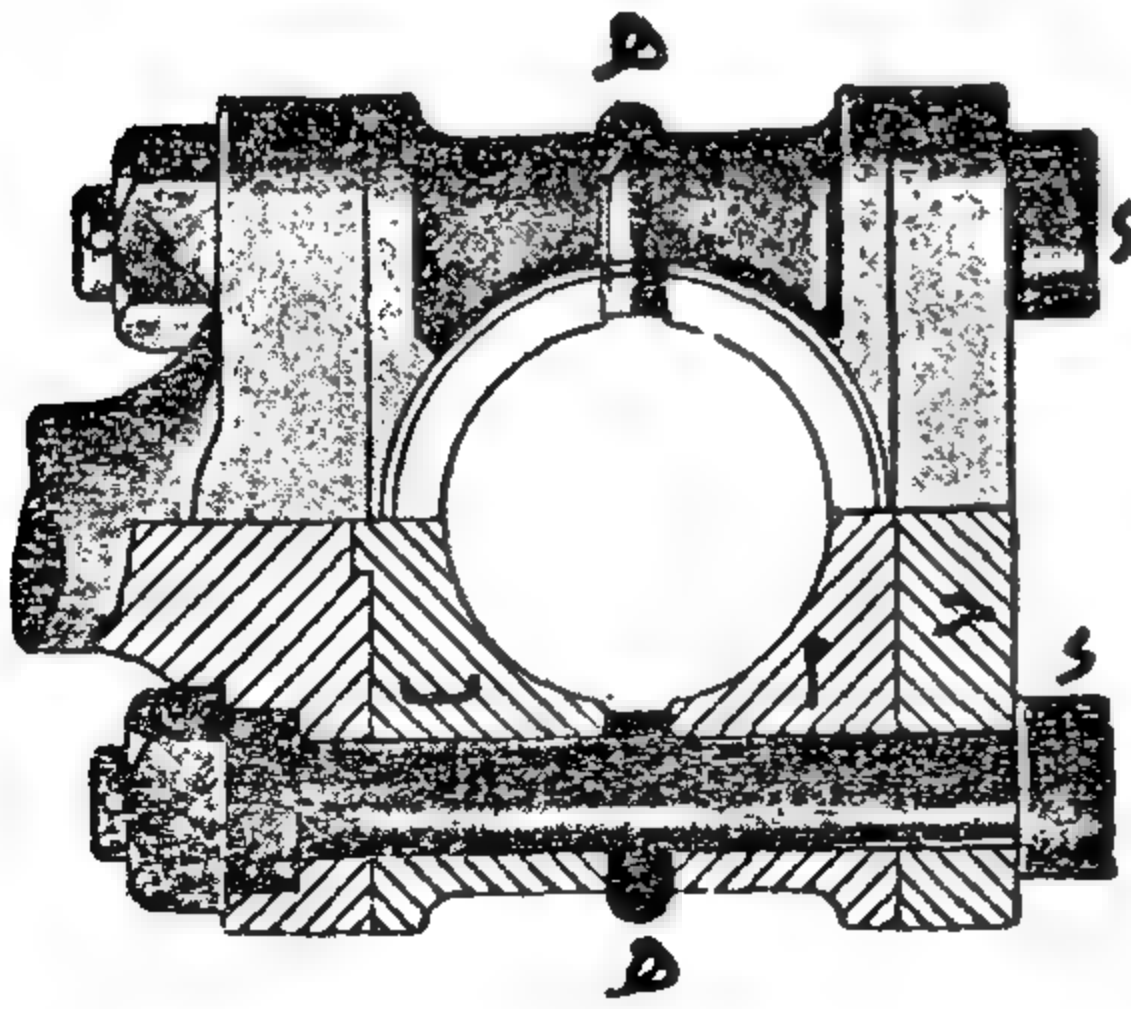


شكل ٥٤

٥٦- ذراع التوصيل - يصنع الذراع عادة من الصلب الطري بقطاع مستدير وفي بعض الاحيان بقطاع مستطيل أو بشكل حرف H وتتصل احدى

نهايته بزر المرفق وتسمى النهاية الكبرى ويتصل الطرف الثاني بينز الطربوش وتسمى النهاية الصغرى وشكلي ٥٦،٥٥ بينان نهايتي ذراع توصيل مستدير القطاع . ففي النهاية الصغرى المبينة بشكل ٥٤ تثبت لقمتين أ و ب من النحاس الاصفر في الذراع بواسطة الحزام ح والخابور المسلوب د . وفائدة اللقم النحاسية في مثل هذه المواضع أي حيث يكون هناك حركة انزلاق ينشأ عنها احتكاك هي : -
أولاً - تقليل المقاومة الاحتكاكية أذ أن معامل الاحتكاك بين النحاس الاصفر والصلب أقل منها بين أي معدن آخر والصلب .
ثانياً - حيث أن النحاس أقل هشاشة من الصلب فأن التآكل الناشئ من الاحتكاك يحدث في النحاس وليس في الصلب وبذلك يمكن تغيير القطع النحاسية بأقل نفقة من تغيير القطع المصنوعة من الصلب .

ثالثاً - يمكن تبطين القطع النحاسية بمعدن السبيكة الذي هو خليط من القصدير والرصاص والانتيمون . وفي ذلك فائدة عظيمة من حيث منع الاضرار التي تنشأ من « عض » اللقم في البنز الذي تحتك به إذا انقطع زيت التشحيم .



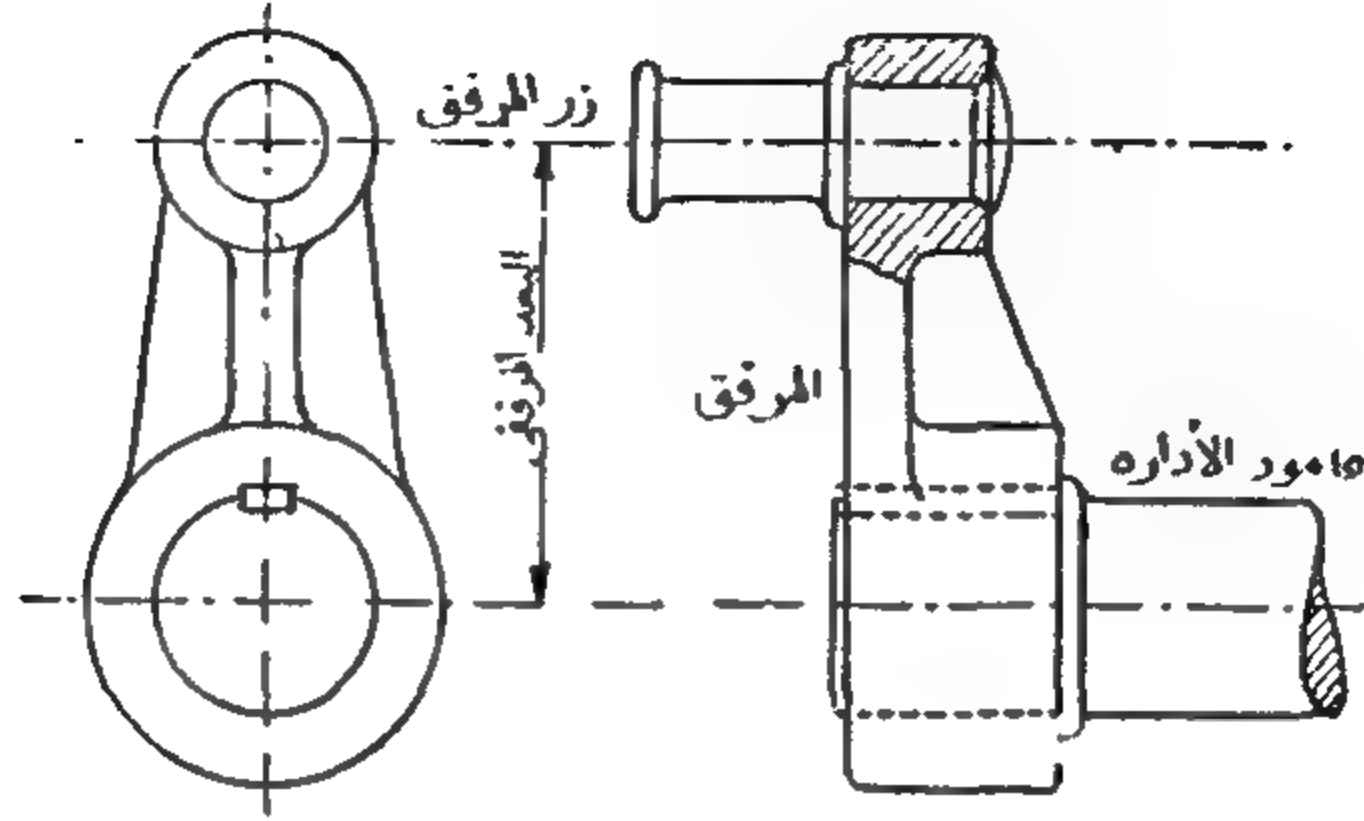
شكل ٥٥

وشكل ٥٥ يبين احد الاشكال الكثيره التي تصنع عليها نهاية الذراع الكبرى . وفيها تثبت لقمتين أ و ب من النحاس الاصفر بواسطة الغطاء ه والمسمارين د . ويمكن في هذا الطراز التعويض عن التآكل بواسطة استبدال الورده ه بأخرى أقل منها في السمك .

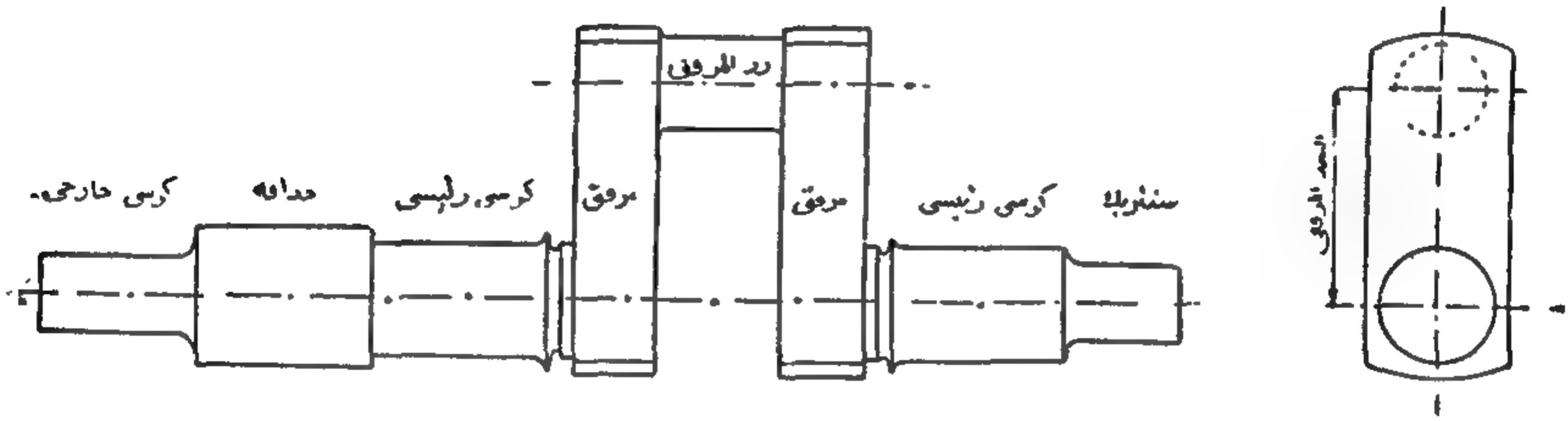
٦٦ - المرفق وعامود الادارة - المرفق ما هو الا « يد » متصلة

بعامود افقي في الغالب تدار بضغط نهاية ذراع التوصيل على أحد طرفيها يسمى

زر المرفق والمرافق على نوعين مرافق مفردة ومرافق مزدوجة وكلاهما مبين في شكل ٥٦ وشكل ٥٧ .

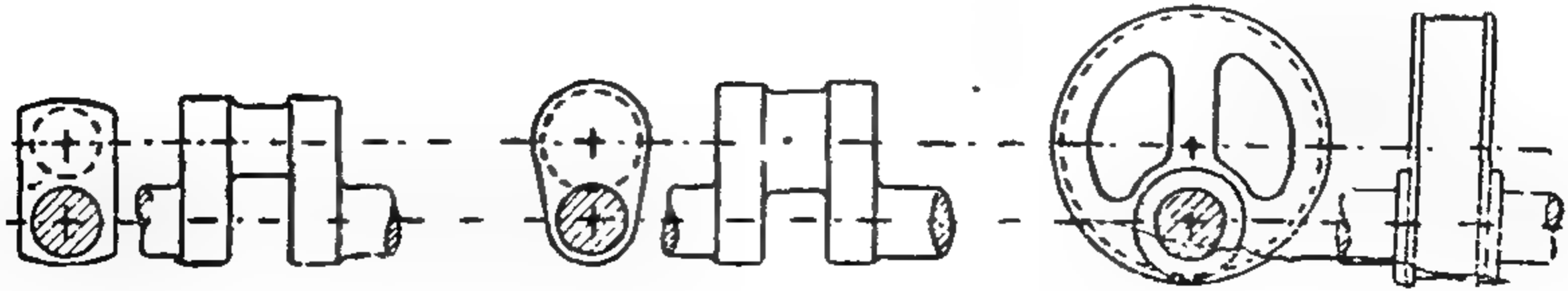


شكل ٥٦ - مرفق مفرد



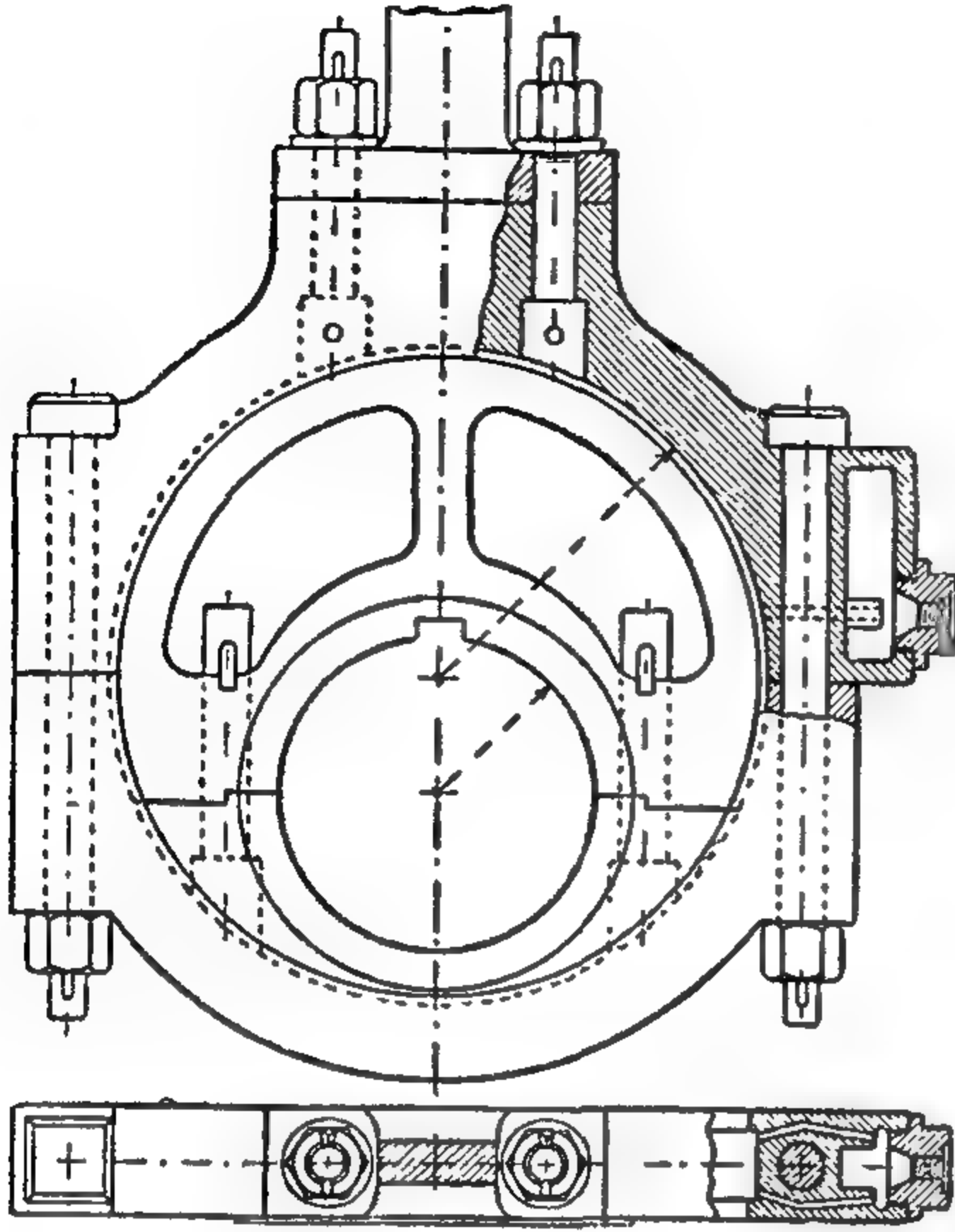
شكل ٥٧ - مرفق مزدوج

ولا تستعمل المرافق المفردة إلا في المحركات الصغيرة لأنها أقل احتمالا من المرافق المزدوجة للاجهادات المؤثرة عليها . والبعد بين محور زر المرفق ومحور العمود هو البعد المرفقي ويساوي نصف طول شوط المكبس عندما يكون مركز العمود على استقامة مسار المكبس كما هو الواقع في اغلب المحركات . ويرتكز عمود الإدارة على كرسي واحد اذا كان ذو مرفق مفرد والا فعلى كرسيين أو أكثر بحسب عدد اسطوانات المحرك ووزن الحدافة . ويثبت في عمود الإدارة على ابعاد مناسبة من المرفق الحدافة والطنبور الذي يستمد منه الحركة بواسطة



شكل ٥٨

السير اذا وجد وأيضاً « السنتريك » وهو عبارة عن مرفق ذي بعد مرفقي قصير يسمى الاختلاف المركزي كما يتضح من شكل ٥٨ .



شكل ٥٩

٦٧ - السنتريك - والمرفق

بين السنتريك والمرفق هو أن الجزء المناظر لزر المرفق كبير القطر بحيث يغمر عامود الادارة . والحركة المستمدة من السنتريك وذراعة هي نفس الحركة الترددية المستمدة من المرفق وذراع التوصيل وبعبارة أخرى فان السنتريك وذراعه يستعملان لتحويل الحركة الدورانية للعامود الى حركة ترددية لصمام التوزيع مثلاً . ومزية السنتريك

على المرفق هي في أن الاول

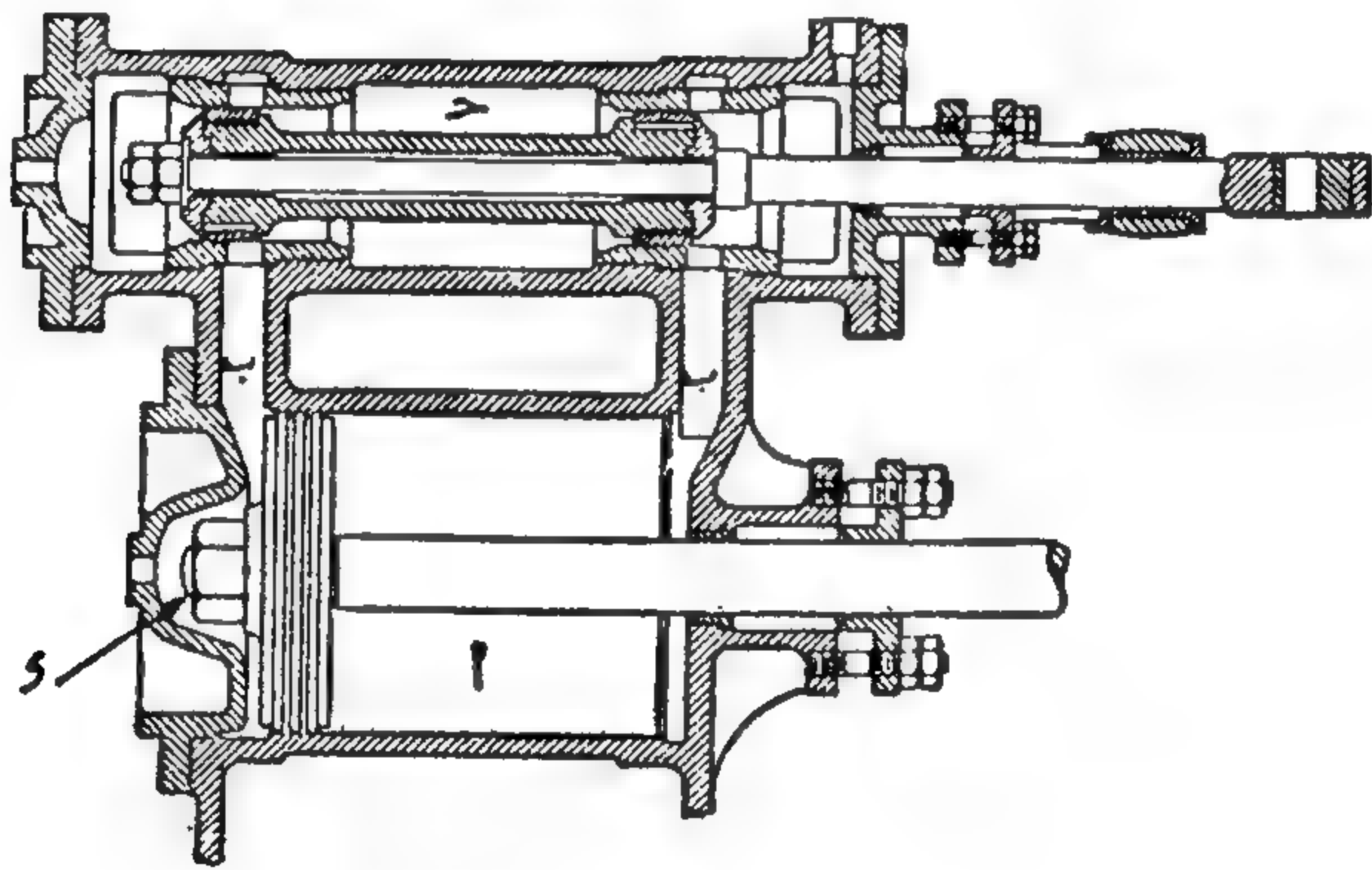
لا يحتاج لاحداث ثغرة في عامود الادارة والبعدين مركز قرص السنتريك ومركز العامود المركب عليه يماثل البعد المرفقي ويسمى الاختلاف المركزي للسنتريك . وواضح أن مدى الحركة الترددية المستمدة من السنتريك تساوي ضعف الاختلاف المركزي . وشكل ٥٩ يبين سنتريك يستعمل في القاطرات .

٦٨ - الحرافة . عجله ثقيلة الوزن تثبت في عامود الادارة ووظيفتها موازنة

عزم دوران المرفق أثناء الدورة . و من السهل على القارىء أن يتبين كيف أن عزم الدوران هذا هو حاصل ضرب القوى المسلطة على زر المرفق بواسطة ذراع التوصيل في البعد العمودي بين مركز عامود الادارة ومحور الذراع . فالقوة المسلطة بواسطة ذراع التوصيل ثابتة تقريباً الى أن ينقطع ايراد البخار ثم تتضاءل تدريجياً حتى نهاية الشوط - ثم ان البعد العمودي المذكور يكون نهاية عظمى عندما يكون المرفق متعامداً على ذراع التوصيل أي عند منتصف الشوط تقريباً ويقل هذا البعد حتى ينعدم عند نهايتي الشوط . فعزم الدوران أذن منعدم عند نهايتي الشوط

وفي تغير مستمر أثناء اللفة الواحدة . هنا تظهر فائده الحدافه فهي تخزن الطاقة الدورانية للمحرك عندما تزيد عن الحاجة ثم تنبذها عندما تقل طاقة المحرك فوظيفة الحدافه اذن هي موازنة عزم دوران المحرك مع عزم الدوران المطلوب في الآلة المراد ادارتها .

٦٩ - الاسطوانات - تختلف أشكال هذه القطعه الرئيسية في المحرك باختلاف أشكال المكبس وطريقة توزيع البخار وأبسط الاسطوانات ما كان منها محتويا على غرفة اسطوانيه شكل ٦٠ يتحرك فيها المكبس وتنتهي بفتحتين س - س بالقرب من طرفيها تسمى كل منهما حارة البخار وتوصل كل من طرفيه



شكل ٦٠

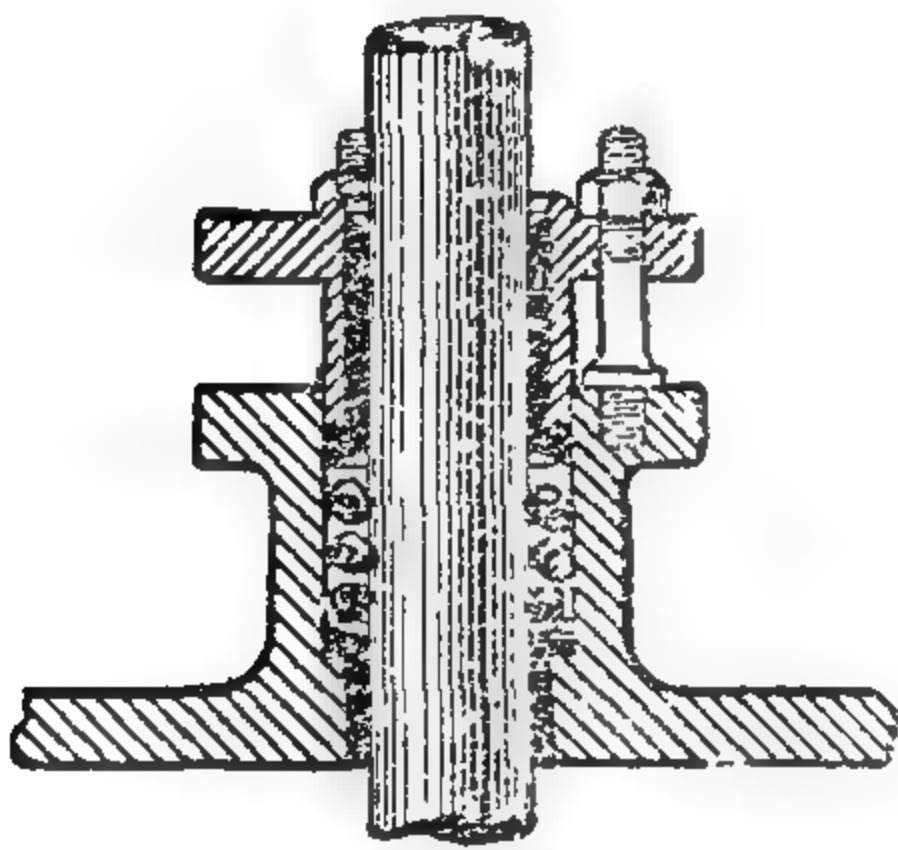
الاسطوانة بغرفة الصمام ه وتسمى الدرج وهذه اما ان تكون مستديرة القطاع اذا كان الصمام المنزلق من النوع المكبسي أو مستطيلة القطاع اذا كان الصمام من النوع المسطح . وفي كلا الحالتين يتحرك الصمام بحيث يفتح ويغلق حارتي البخار في الاوقات المناسبة .

ويسد طرفي الاسطوانه بغطائين يربطان ربطا محكما الى شقف الاسطوانة بجوابضات مثبتة فيها . وفي الغالب يكون أحد الغطائين قطعة واحدة في فرش المحرك أو في الاسطوانة نفسها . ويتخذ الغطائين شكلا مناظرا لشكل المكبس بحيث يترك حيزا اسطوانيا منتظما السمك تقريبا يسمى الخلوص (د) . وأفضل

أشكال الاسطوانات هو ما كانت فيها حارات البخار أقصر ما يمكن ومتسعة اتساعاً كافياً وذلك لمنع انخفاض ضغط البخار عند دخوله الى الاسطوانة بقدر الامكان ويسمى انخفاض ضغط البخار الناتج من احتكاك بجدران الحارات الضيقة الطويلة تخايل البخار وينشأ عنه فقد في الشغل المؤدي داخل الاسطوانة .

٧٠ - علبة المشاق - وتستعمل عندما تنفذ قطعة متحركة من أناء به ضغط

داخلي فعلمة المشاق تسمح بهذه الحركة بدون أن يرشح ما بداخل الاناء من



سائل أو غاز مضغوط وذلك بدون أن يترتب

على ذلك احتكاك كبير - وفي المحرك البخاري

الترديدي يوجد علبة مشاق ينفذ من خلالها كل

من ساق المكبس من الاسطوانة وساق الصمام

المنزلق من الدرج . وتتكون علبة المشاق في

أبسط أشكالها من علبة صغيرة تترك حيزاً ضيقاً

شكل ٦١

حول الساق المنزلق يملأ بحشو من مادة لينة مثل قطن الاسبستوس أو بحلقات

من الرصاص ويضغط الحشو حول الساق بواسطة مزنقة مركبة في صندوق

المشاق كما يتضح من شكل ٦١ .

٨٠ - بطانة الاسطوانة - في المحركات الكبيرة يصنع الجزء الاسطواناني

الذي يتحرك فيه المكبس على حدة كما تصنع أيضاً جلب اسطوانية يتحرك فيها

الصمام اذا كان من النوع المكبسي وذلك من جهة لسهولة تغييرها عند تأكلها ومن

جهة اخرى لكي يسهل صنعها من زهر خاص يابق بطبيعة عملها . وتسمى هذه

القطعة ببطانة الاسطوانة . وفي كثير من المحركات وخصوصاً ما يشتغل منها على

بخار ذي ضغط عال تترك البطانة بحيث تترك حيزاً ضيقاً بينها وبين جسم الاسطوانة

يملأ ببخار ذي ضغط متوسط لكي تمنع تسرب حرارة البخار الذي يشتغل داخل

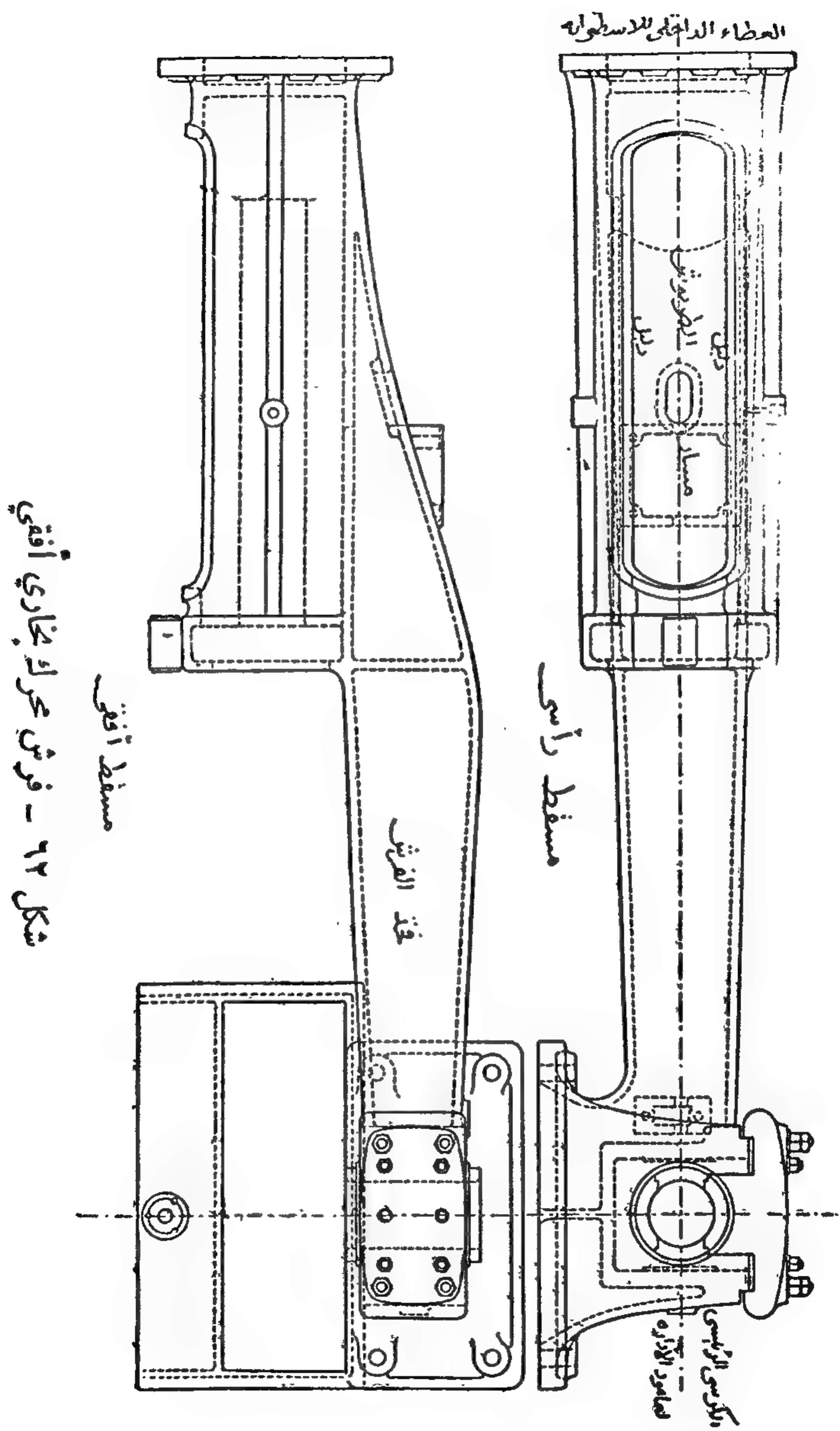
الاسطوانة الى الخارج ويسمى هذا الحيز القميص البخاري .

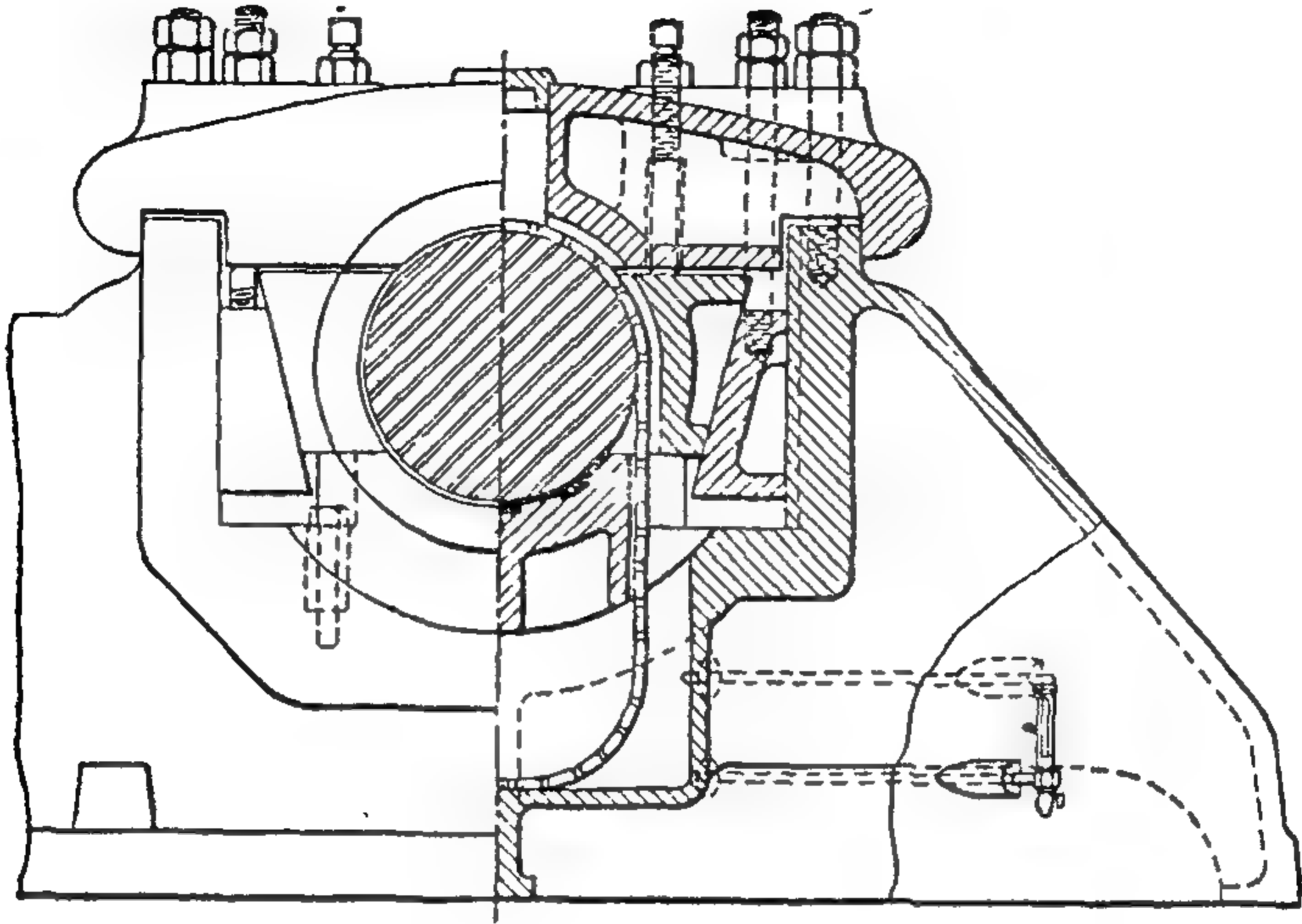
ولهذا الغرض نفسه أى منع تسرب حرارة البخار بقدر الامكان تغطي الاسطوانات ومواسير البخار بمادة عازلة للحرارة مثل معجون الاسبتوس أو الفلين أو غير ذلك من المواد التي تعرض في الاسواق تحت أسماء مختلفة. ثم يغطي الجميع بالصاج المؤكسد لتحسين شكل المحرك بوجه عام .

٨١ - فرسى المحرك وكراسى عامود الادارة - الفرش هو الذي

يحمل الاسطوانة بما فيها ويحدد المسافة بينها وبين محور عامود الادارة ويتكون في أبسط أشكاله من فيخذ واحد في المحركات الصغيرة او فيخدين متماثلين اذا كان ذو اسطوانة واحدة او اسطوانتين على استقامة واحدة وفي المحركات السريعة الدوران يتخذ الفرش هيئة صندوق رأسى مقفل مقسم الى غرف متعددة بواسطة قواطع اذا كان المحرك متعدد الاسطوانات وشكل ٦٢ يبين فرش محرك افقي بطيء الحركة ذو فيخذ واحد ويحتوي الفرش عادة على الغطاء الداخلى للاسطوانة وصندوق الصمام بما في ذلك علبة المشاق ثم يلى ذلك دليل الطربوش ثم فيخذ او فيخدى الاتصال بين الدليلين والكرسى أو الكراسى الرئيسيه التى تحمل عامود الادارة بما عاياه من مرافق وسنتريكات وحدافة وطنايروهلم جرا . ويصنع الفرش دائماً من الزهر لتعقيد شكله وهو مجوف من الداخل ولكن لا بد ان يكون من المتانة بحيث لا تؤثر فيه القوه الناتجة من حركة القطع الرئيسيه ولكي يمكن ربطه في الاساسات ربطاً محكماً .

اما الكراسى الرئيسيه فتتكون من لقمتين نحاسيتين كل منهما مبطن بمعدن السبيكه وتربط الالتمتين على عامود الادارة بغطاء من الزهر وتختلف انواع الكراسى عن بعضها حسب اختلاف طريقة الزيت فمنها ما يحتوي على مخزن صغير للزيت تنغمس فيه حلقة او اكثر تتحرك على سطح العمود. وشكل ٦٣ يبين قطاع رأسى في كرسى رئيسى وهو من النوع الذى يمكن ضبط لقمه بدون فك اجزائه ويقوم بزيت سطوح الاحتكاك فيه جزير معلق على عامود الادارة وينغمس في خزان صغير للزيت.

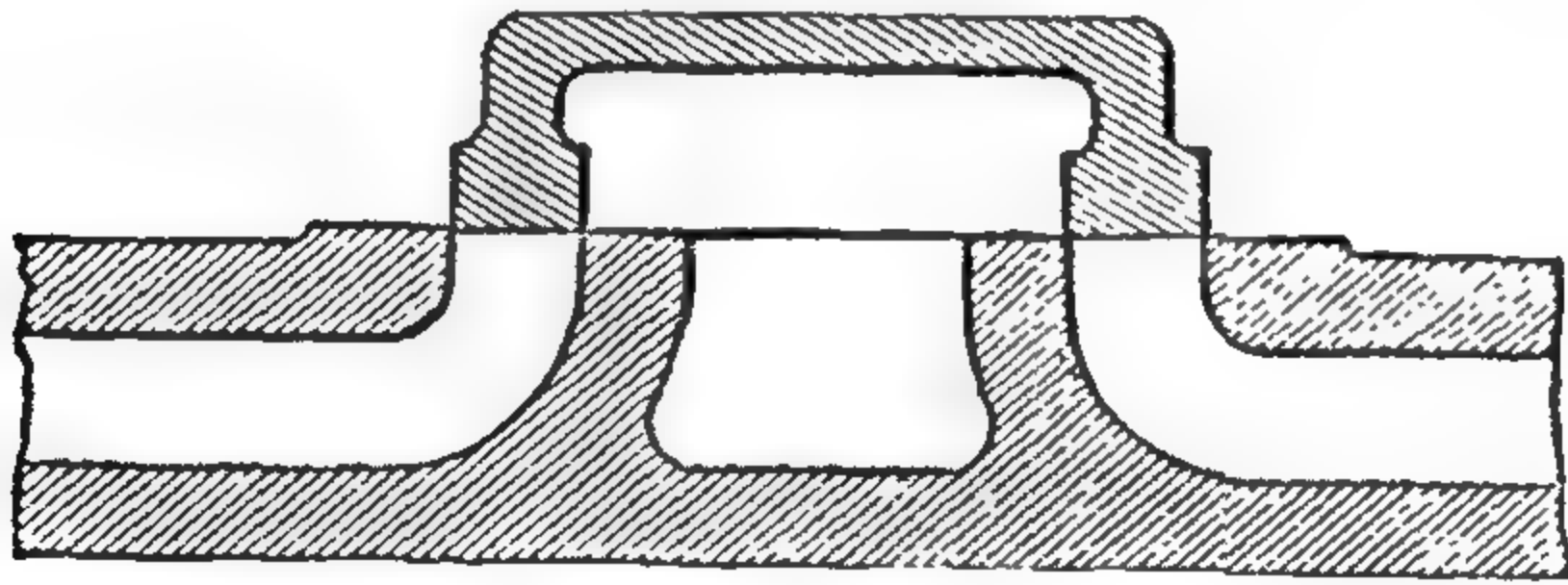




شكل ٦٣ - كرسي رئيسي

٨٢ - توزيع البخار بواسطة الصمام المزلق البسيط - شكل ٦٤

يبين قطاعاً رأسياً في صمام مزلق بسيط موضوعاً في منتصف شوطه فوق حارتي البخار ووظيفة الصمام هي توزيع البخار على جانبي الاسطوانة بحيث يضمن الحوادث الآتية في كل من جانبي الاسطوانة بحسب ترتيب حدوثها :-

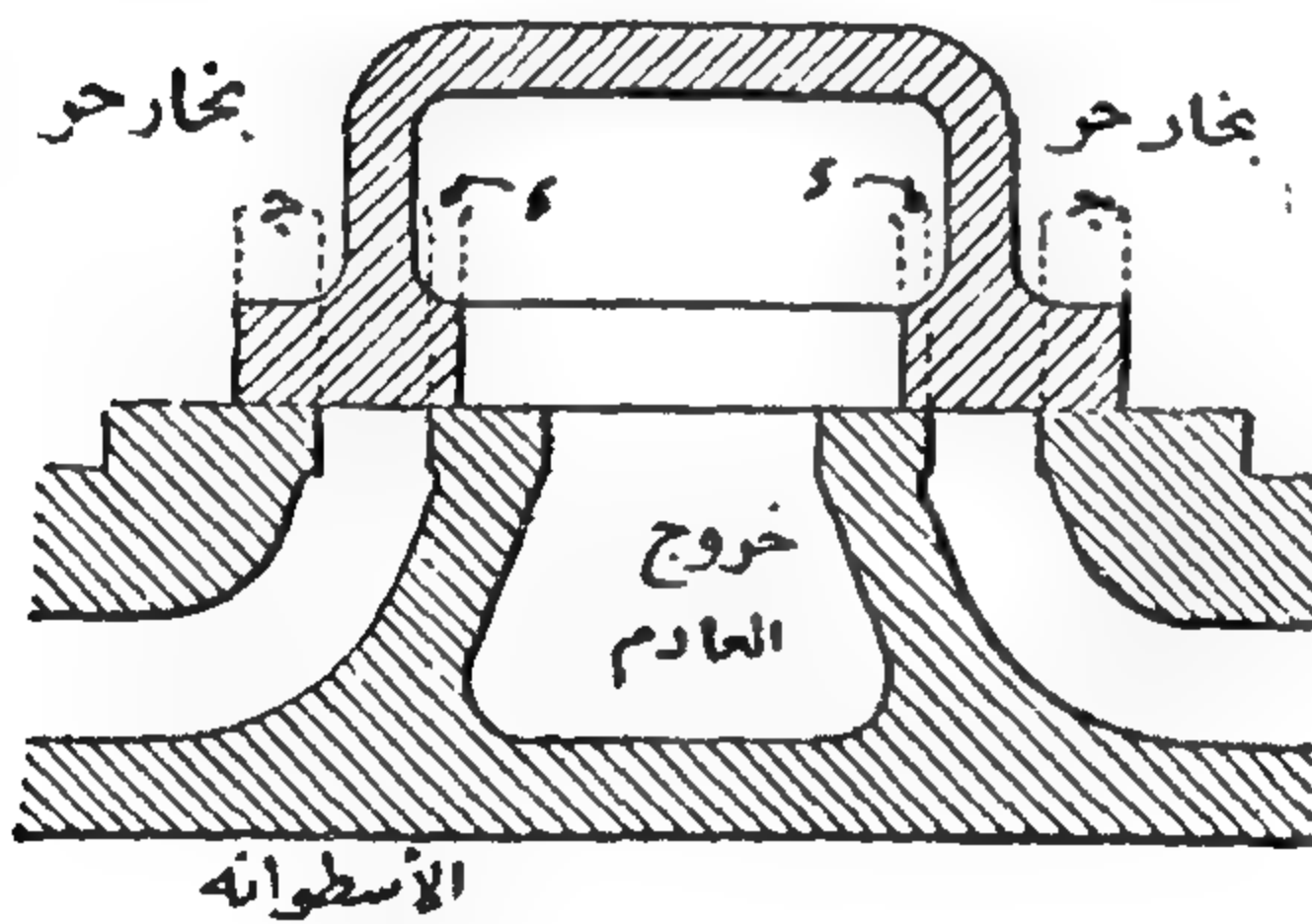


شكل ٦٤ - صمام مزلق بدون شقف

- (١) يسمح بدخول البخار الحر الى الاسطوانة .
- (٢) يقطع أيراد البخار عند وضع معين للمكبس .
- (٣) توصيل الاسطوانة بماسورة العادم قبل نهاية الشوط بقليل لتسمح بأنصراف البخار .
- (٤) قطع هذا الاتصال قبل نهاية شوط أياب المكبس بقليل .

فإذا كان سمك شفة الصمام مساويا لفتحة حارة البخار في كل من الجانبين وجب أن يكون الصمام في منتصف شوطه عندما يكون المكبس على وشك الابتداء في شوطه فأذا تحرك المكبس الى اليمين تحرك الصمام في نفس الاتجاه وفتح حارة البخار لدخول البخار الحر . ووضع الصمام هذا بالنسبة لوضع المكبس يستلزم أن يكون الاختلاف المركزي متعامدا على المرفق ومتقدما عليه . وفي هذه الحالة يصل الصمام الى النهاية اليمنى لشوطه عندما يكون المكبس في منتصف شوطه وتكون حارة البخار مفتوحة عن آخرها . ثم يعود الصمام في شوط الأياب بينما يستمر المكبس في شوطه وبذلك لا تقفل حارة البخار الا عند وصول المكبس لنهاية شوطه أي انه يستمر أيراد البخار من أول شوط المكبس لآخره .

أما اذا أريد قطع أيراد البخار عندما يسير المكبس نسبة معينة من طول الشوط فيجب أن يكون سمك شفة الصمام أكبر من فتحة الحارة ويسمى حينئذ صمام تمديدي .



شكل ٦٥ - صمام منزلق ذو شفتين

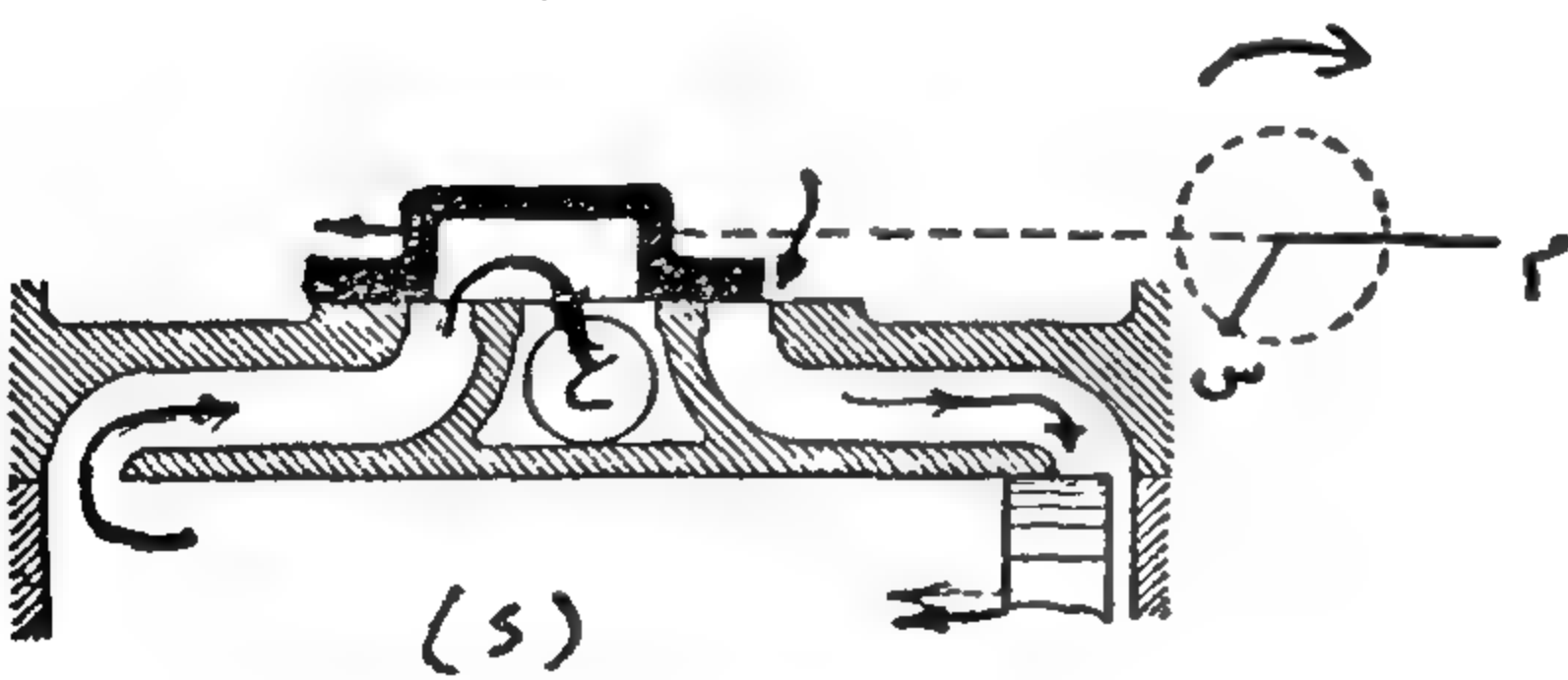
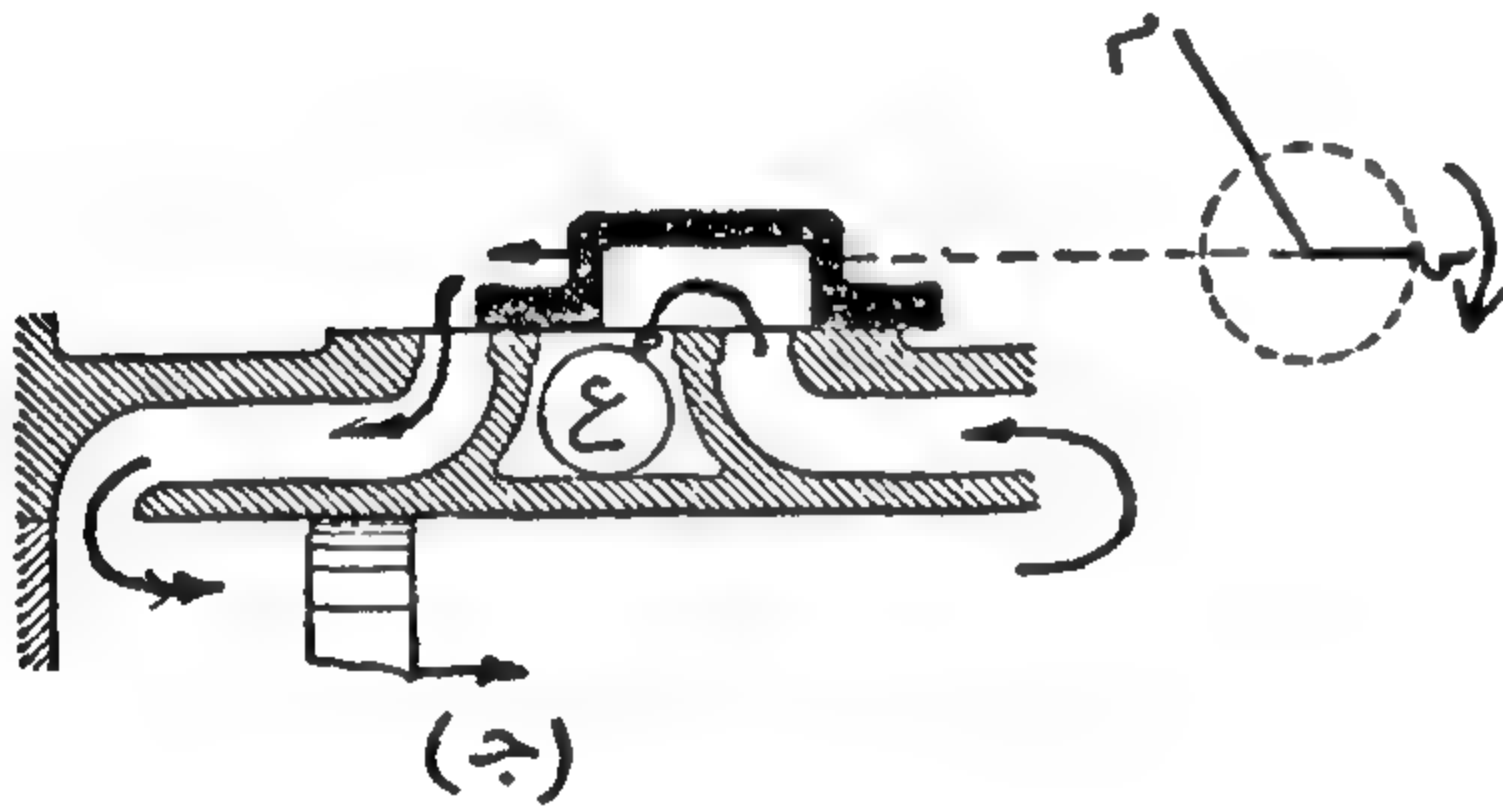
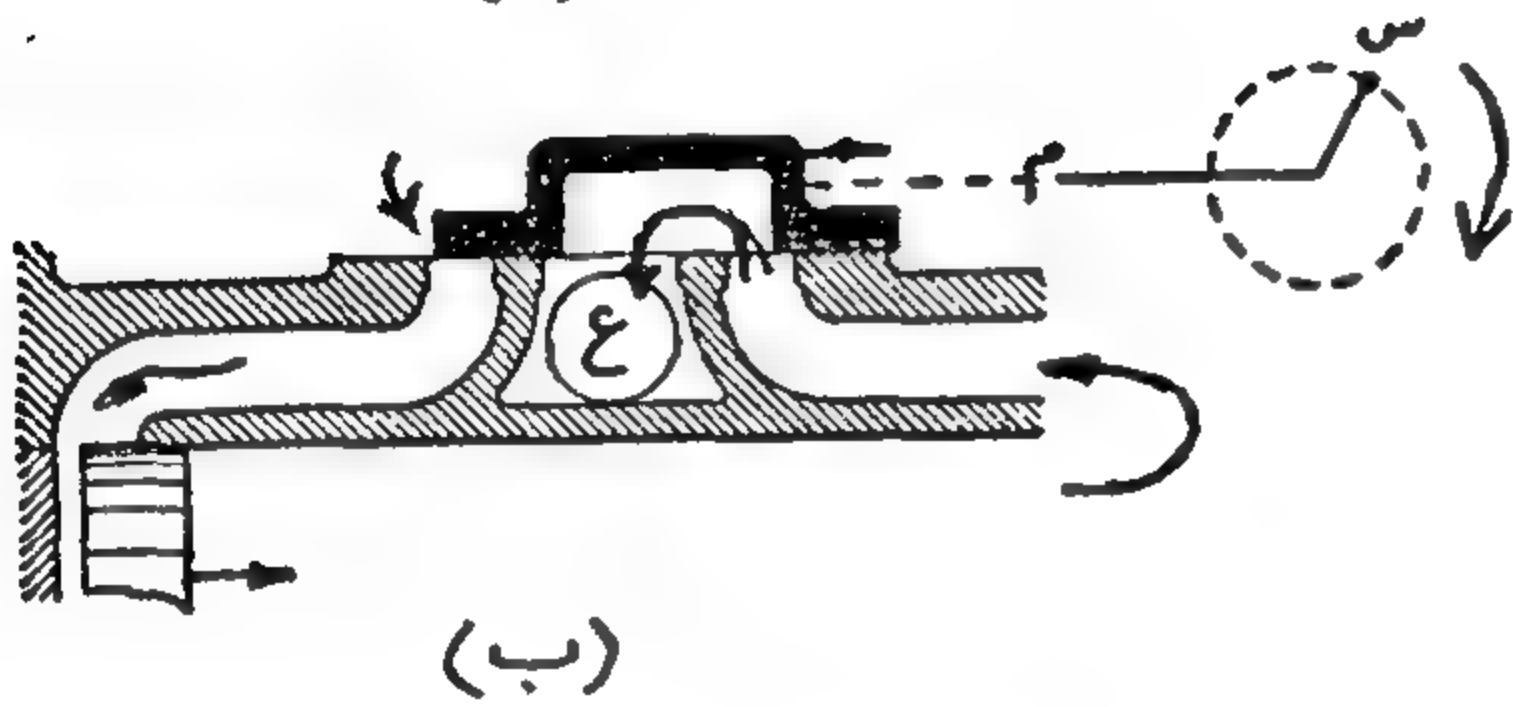
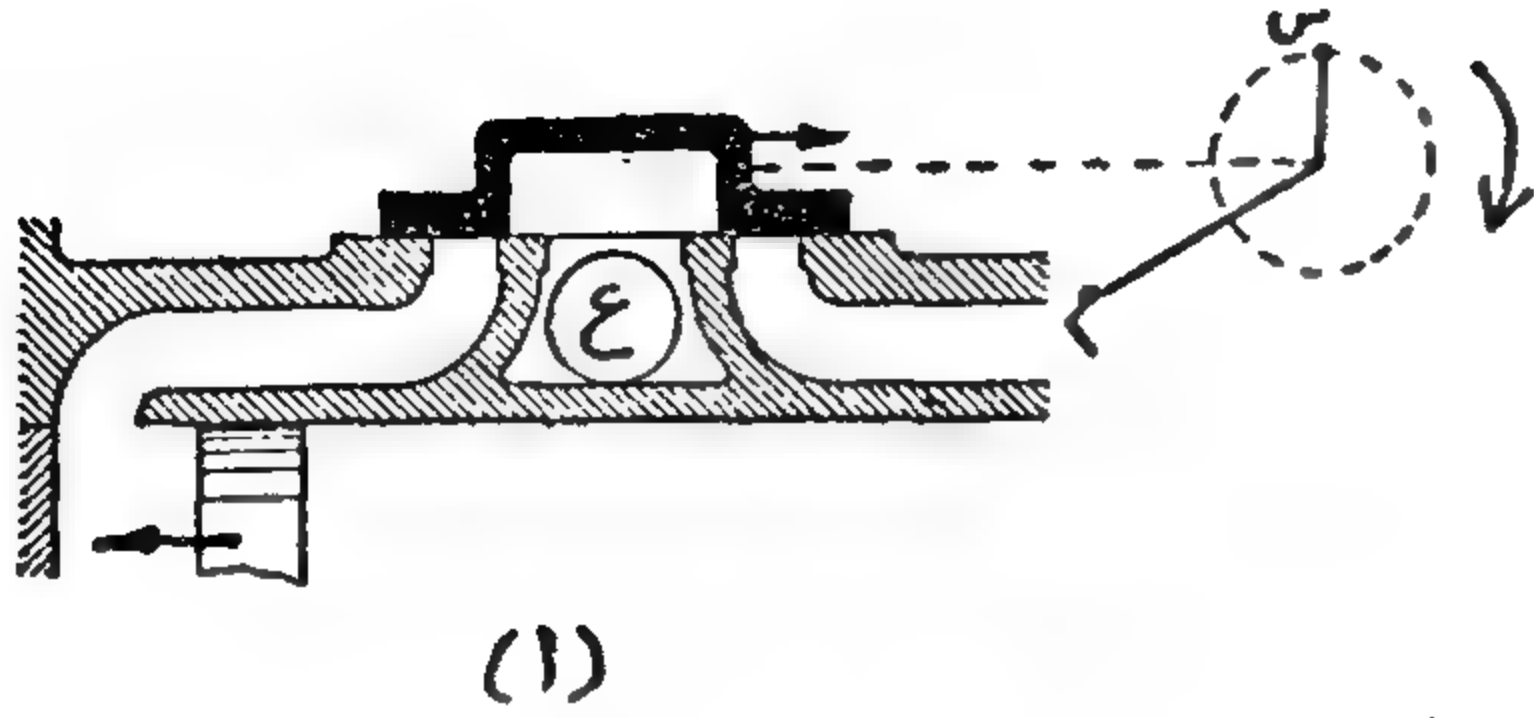
وشكل ٦٥ يبين صمام من هذا النوع في منتصف شوطه وجزء الصمام (ح) الذي يتجاوز الحافة الخارجية لحارة البخار يسمى الشفة الخارجية والجزء (د) الذي يتجاوز الحارة من الداخل يسمى الشفة الداخلية .

وشكل ٦٦ يبين أربعة أوضاع للصمام بالنسبة للمكبس .

ففي (أ) يكون الصمام في منتصف شوطه حيث يكون وضعه متماثلا بالنسبة لحارتي البخار أي أن الاختلاف المركزي يكون متعامدا على مسار المكبس .

وفي (ب) يرى المكبس في ابتداء الشوط وقد تحرك الصمام الى اليمين

كاشفا عن جزء صغير من حارة البخار يسمى تقدم الصمام فيدخل البخار دافعا للمكبس الى اليمين .



شكل ٦٦

وفي (ح) يرى الصمام في النهاية اليمنى لشوطه وعلى وشك العوده اي ان فتحة البخار نهاية عظمى في هذه اللحظة وفي عوده الصمام تنغلق هذه الفتحة تدريجياً حتى تقفل تماماً عند نقطة القطع المطلوبة .

وفي (د) وصل المكبس الى النهاية اليمنى لشوطه وكانت قد سدت حارة البخار قبل ذلك وفي استمرار سير الصمام في شوطه الى اليسار اصبحت الاسطوانة متصلة بماسورة العادم (ع) وبذلك ينصرف البخار من الجهة اليسرى للاسطوانة

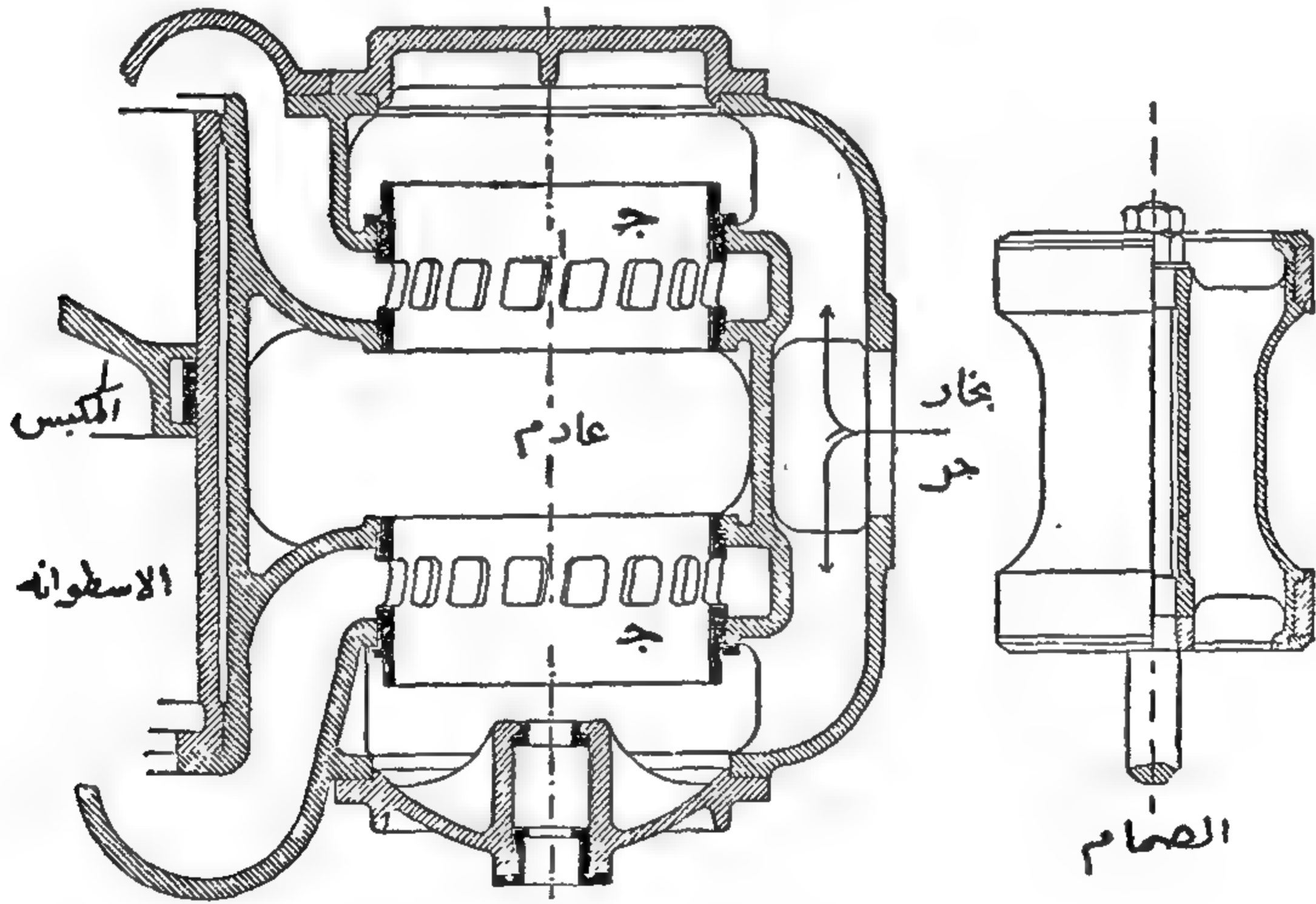
حتى ينقطع هذا الاتصال أثناء حركة الصمام الى اليمين . ويحدث ذلك قبل نهاية شوط المكبس بقليل لكي يكون ضغط البخار بمثابة مصدر لين للمكبس في نهاية شوطه .

يرى مما تقدم أنه يجب أن يكون اتجاه الاختلاف المركزي للسنتريك مائلا

على اتجاه المرفق بزاوية أكبر من 90° وتسمى الزاوية التي تزيد على 90° زاوية تقدم السنتريك .

ولا يمكن التوسع في هذا الموضوع بأكثر مما ذكر لضيق المقام . وعلى القاريء الذي يريد الاستزادة ان يطلع على احد الكتب العديدة التي تبحث في المحركات البخارية .

٨٣- الصمام المكبسي المنزلق - يلاحظ ان الصمام المسطح المنزلق ينضغط على مرآة* الدرج بضغط عظيم اشيء من فرق ضغط البخار الحر عن ظهر الصمام والبخار العادم داخله . وكلما كان صمام كبير المساحة كلما زاد هذا الضغط وينشأ عن ذلك مقاومته احتكاكية عظيمة تستنفد قدرا كبيرا من قدرة المحرك في تحريكه . وفي مثل هذه الحالة يستعاض عن الصمام المسطح بصمام مستدير القطاع على هيئة المكبس



شكل ٦٧ - صمام مكبسي منزلق

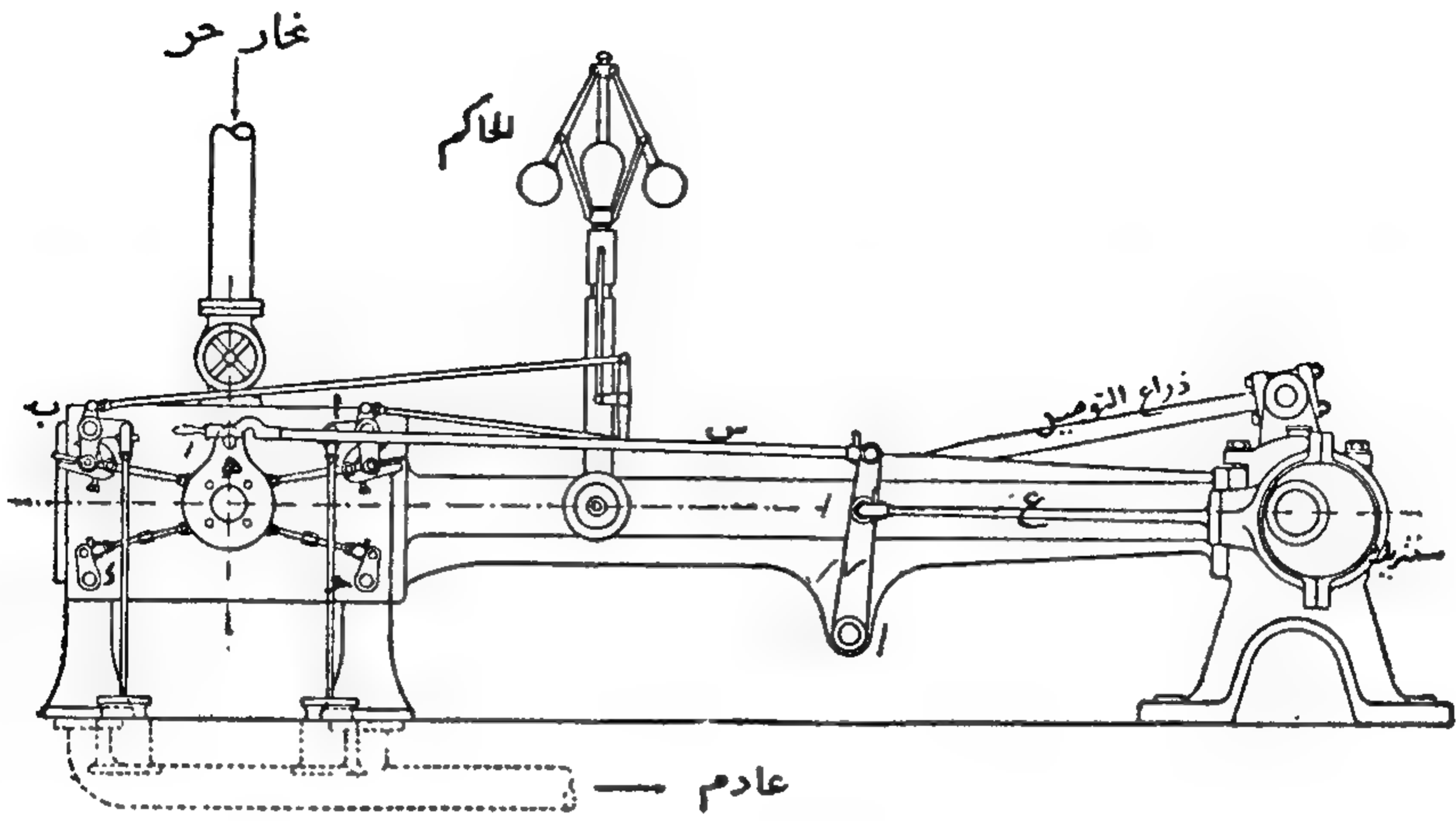
يتحرك في درج مستدير القطاع ايضاً أي اسطوانتي (شكل ٦٧) وبذلك ينعدم الضغط الجانبي بين الصمام والدرج الاسطوانتي ولا يحتاج الى قوة كبيرة لتحريكه ومع ذلك فلا بد من وجود بعض الضغط بين الصمام وجدران الدرج لكي

* يسمى الوجه المسطح الذي به الفتحات الموصلة للاسطوانة وللعادم والذي ينزلق عليه الصمام بالمرآة لانه يصقل من كثرة احتكاك الصمام عليه

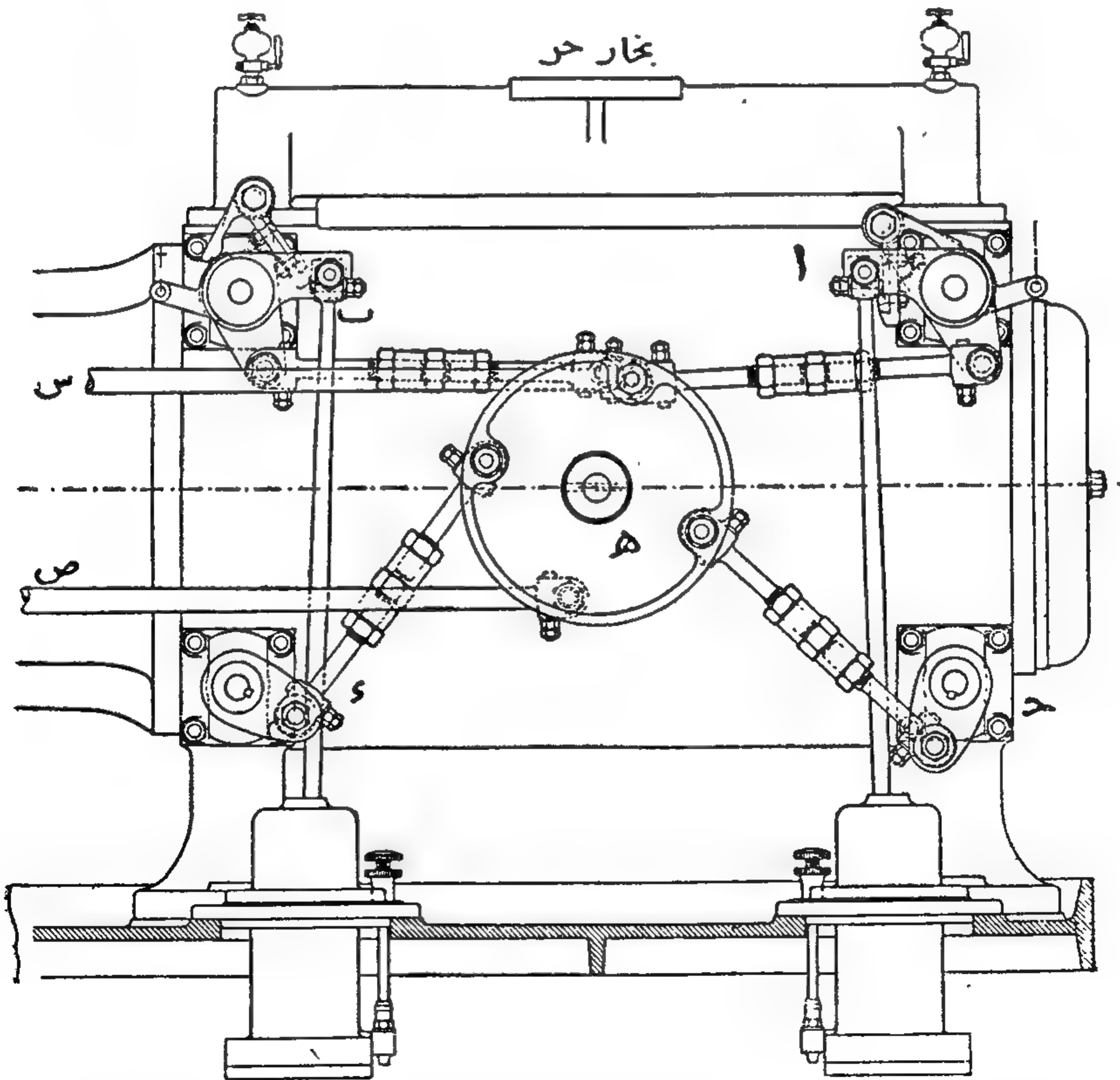
لا ينفذ البخار الحر الى ماسورة العادم مباشرة ولتحقيق هذه الغاية يحكم الصمام بواسطة شنابر مشابهة لشنابر المكبس، تتركب على الحافتين المنزلقتين فوق فتحتي البخار . ولكي لا تنفتح الشنابر في الفتحات تثبت جلبتين حـ بهما فتحات مائلة في درج الصمام عند فتحات البخار كما هو ظاهر من شكل ٦٧ . وعلى هذا النظام يكون الصمام المكبسي مفضلاً من جميع الوجوه على الصمام المسطح ولذلك فهو شائع الاستعمال في المحركات السريعة الدوران ومحركات القاطرات .

٨٤- صمامات التوزيع المنفصلة- لصمامات توزيع البخار المنزلقة مضار عديدة خصوصاً من الوجهة الحرارية وذلك لان نظام الصمام المنزلق يستدعي حارات متسعة وطويلة مما يزيد في حجم الخلوص في الاسطوانة وهذا مما يدعو للفقد الحراري في المحرك وأيضاً لأن نظام حركة الصمام يجعل فتح وغلق حارات البخار بطيئاً وهذا يسبب أستدارة أركان المنحني البياني وقد سبقت الإشارة الى ما ينشأ عن ذلك من فقد في القدرة البيانية وقد توصل المهندسون الى ابتكار طريقة الصمامات المنفصلة أي ان يكون هناك صمام خاص بأيراد البخار الحر وآخر لتصريف البخار العادم لكل من جانبي الاسطوانة فبذلك يصبح عدد الصمامات أربعة . وبطبيعة تركيب هذه الصمامات فهي لا تستعمل إلا في المحركات الافقية والبطيئة وأحسن أمثلة للمحركات التي يستعمل فيها هذا النظام هي محركات كورلسن ومحركات سولزر .

٨٥ - طريقة كورلسن لتوزيع البخار - يمكن للقاريء فهم طريقة تشغيل صمامات هذا النوع من المحركات من الاشكال ٦٨ الى ٧٠ فهما سطحياً اذ ليس في المقدور في مثل هذا الكتيب التطويل في الشرح . ففي شكل ٦٨ مسقط رأسى تخطيطي للمحرك بأكمله وشكل ٦٩ مسقط رأسى مكبر لاسطوانة المحرك وفيه ترى التعشيق التي تحرك الصمامات . وحركة الصمامات عبارة عن اهتزازات دورانية صغيرة لا يتعدى مداها في صمامات دخول البخار ٣٠° وفي صمامات خروج العادم ٤٥° . ويستمد صمامي البخار ١ و ٢ وكذا صمامي العادم ٣ و ٤

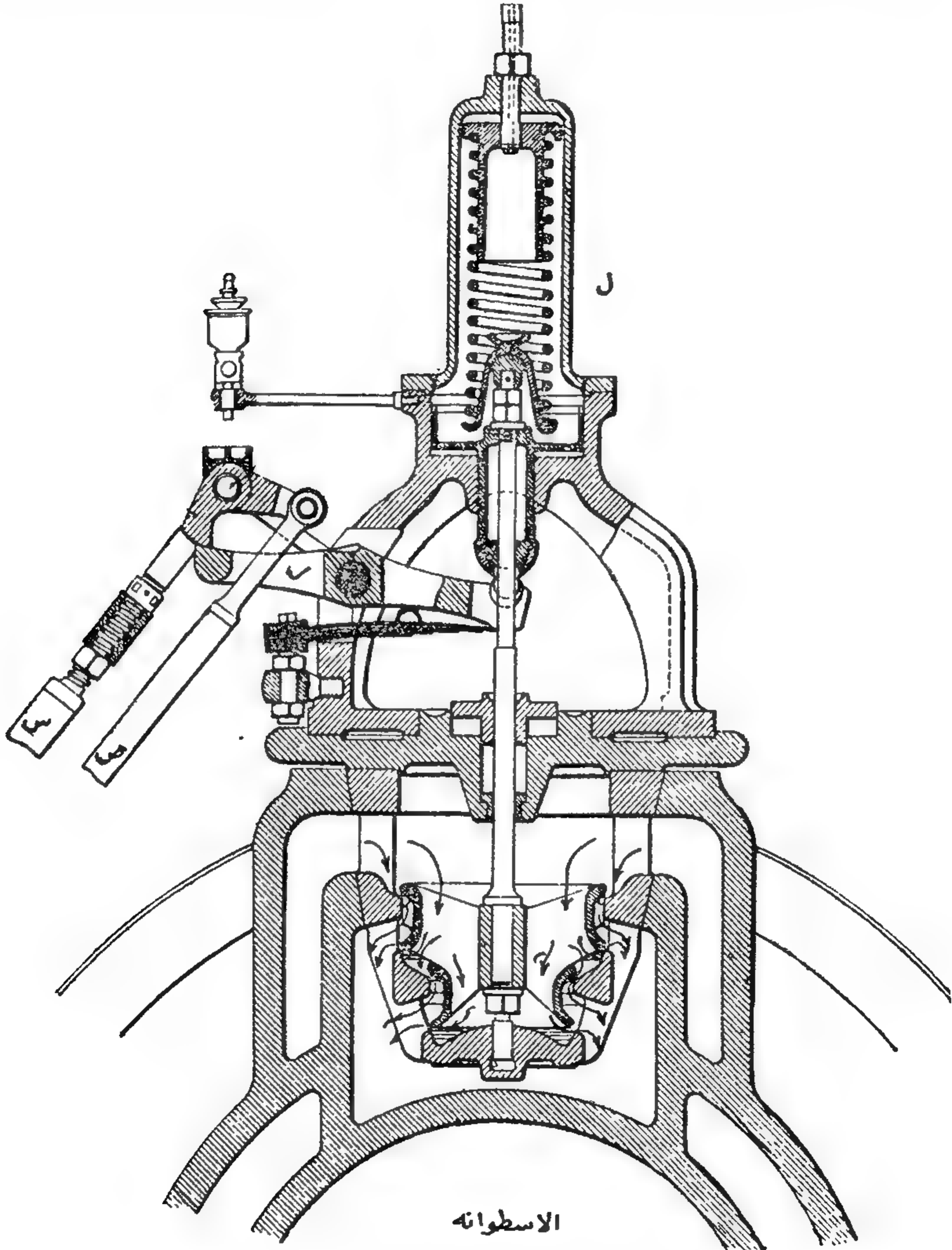


شكل ٦٨ - محرك كورلس



شكل ٦٩ - تعشيقه نظام توزيع كورلس.

للبخار أربعة منافذ عندما يفتح الصمام . ويستمد الصمام حركته من رافعة صغيرة (ر) مرتكزة في المنتصف ويحرك طرفها ساق الصمام الى أعلى ضد ضغط زمبلك قوي (ن) ويضغط على الطرف الثاني للرافعة « زناد » (ي) متصل بذراع السنتريك

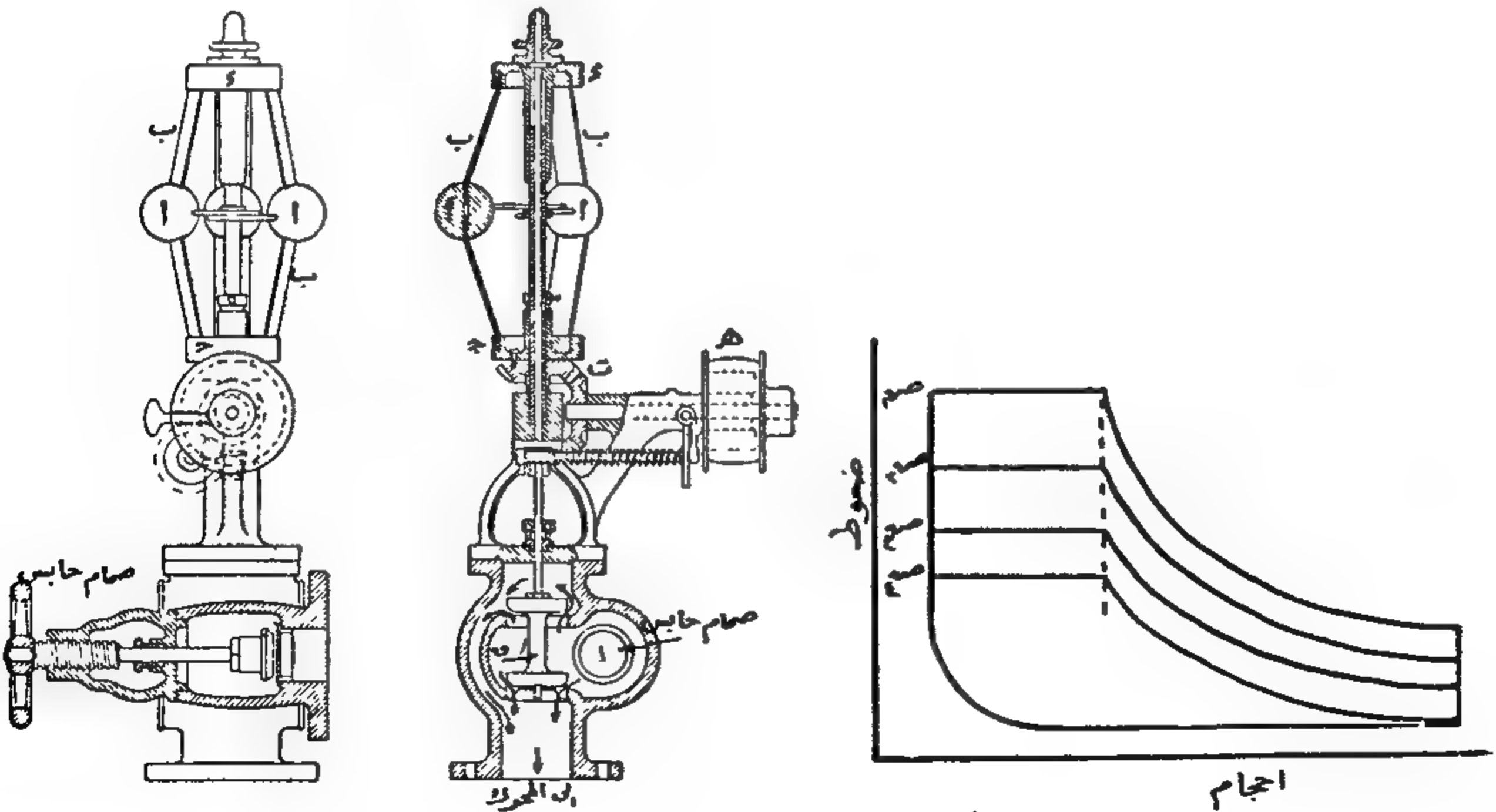


شكل ٧١ - قطاع عرضي في محرك سولزر

(س) وبساق الحاكم (ر) وهذا الساق يحدد نقطة قطع ايراد البخار تبعاً للقدرة المستعملة وسيأتي فيما بعد شرحاً مختصراً لعمل الحاكم . ويغلق الصمام عندما ينفلت الزناد من طرف الرافعة (ر) تحت تأثير الزمبلك ن .

٨٧ - الحاكم - هو جهاز يركب في المحركات على اختلاف انواعها لايقاف أى تغير في السرعة عند حدود معينة لا تزيد ولا تقل عن السرعة المتوسطة الا بنسبة ضئيلة فمثلا اذا كان محرك يدور بسرعة متوسطة مقدارها ٣٠٠ لفة في الدقيقة فتكون وظيفة الحاكم في هذا المحرك ان لا يسمح بزيادة هذه السرعة عن ٣٠٣ ولا بنقصانها عن ٢٩٧ لفة في الدقيقة .

وينشأ التغير في السرعة من زيادة او انخفاض ضغط البخار عرضا او حدوث تغير مقصود أو غير مقصود في القدرة المتفع بها كأن يقطع ايراد الماء في طلمبة يديرها المحرك او ايقاف بعض آلات في ورشة يديرها المحرك وهلم جرا .
ونظرية الحاكم مهما اختلفت أشكاله واطواؤه واحدة لا تتغير وأساسها تأثير القوة المركزية الطارده لجسم ثقيل يدور بسرعة مناسبة لسرعة المحرك ولحاكم المحرك البخاري طريقتان لتأدية عمله فأما ان يكون تأثيره على صمام يسمى الصمام الخانق ويوضع في ماسورة أيراد البخار من المرجل قبل اتصالها بالمحرك مباشرة ويسمى الحاكم حينئذ الحاكم الاختناقى وأما ان يكون تأثيره على نقطة قطع ايراد البخار ويسمى حينئذ الحاكم التمددي .

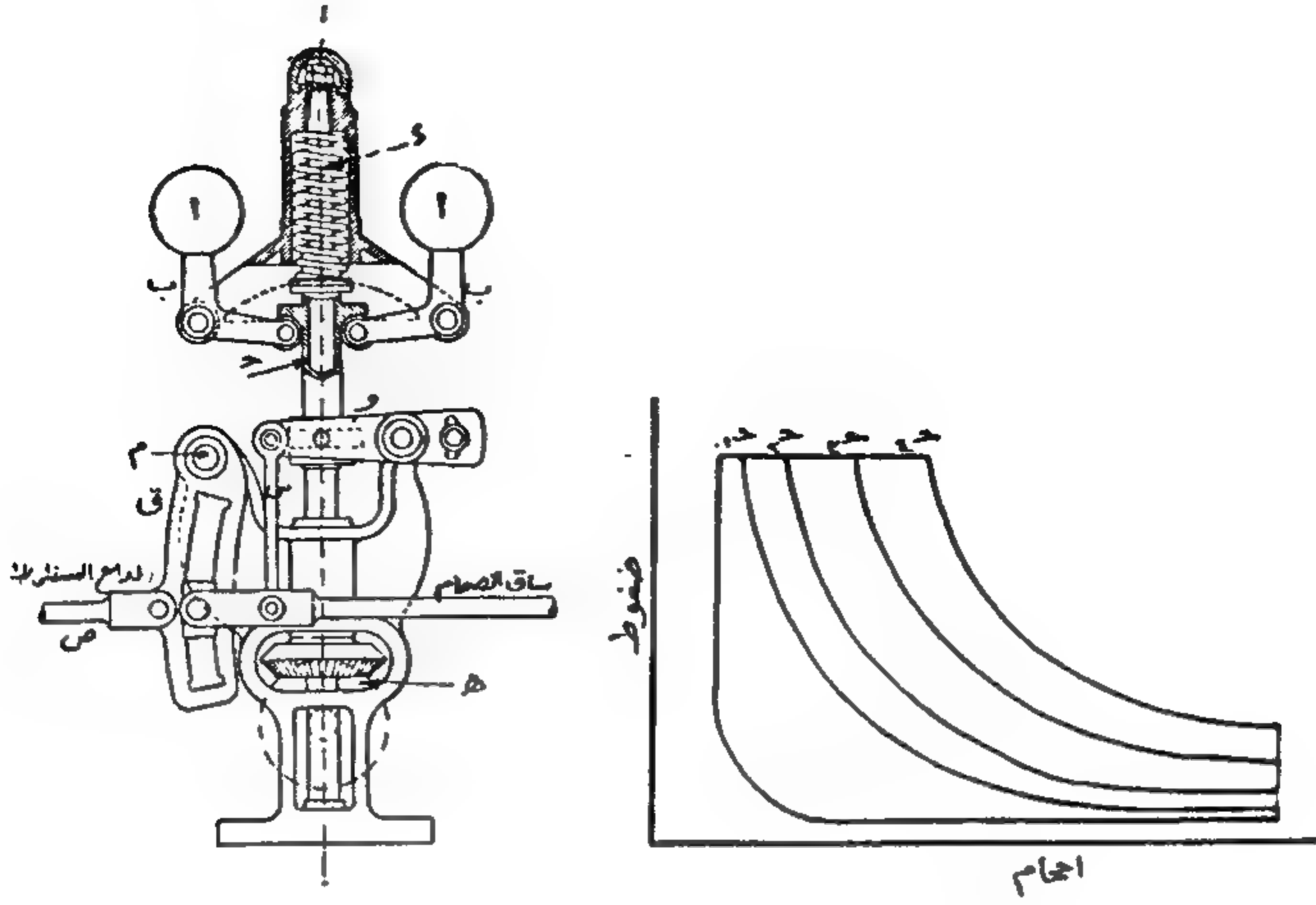


شكل ٧٢ - حاكم اختناقى

وشكل ٧٢ يبين حاكم اختناقى من النوع البسيط وتأثيره على منحني المين النظرى . ويتركب الحاكم من ثلاث كرات من الصلب (١) مثبتة في ثلاثة يابات

(ب) أطرافها السفلى مثبتة في القطعة (ح) والعليا في القطعة (د) وتدار الثلاث كرات بياياتها حول المحور الرأسى بواسطة الترسين (ت) والبكره (هـ) التي تستمد حركتها من عامود ادارة المحرك بسير رفيع . وبدوران الكرات الثلاثة تنفرج الى الخارج بتأثير القوة المركزية الطاردة وحيث أن اطراف اليايات السفلى لا يمكنها أن تتحرك رأسيا لذلك تنضغط القطعة (د) الى أسفل وتحرك معها الساق المركب في صمام الاختناق (ن) فتضيق الفتحة التي يرد منها البخار الى المحرك . وتضبط فتحة الصمام (ن) بحيث ينفذ البخار على ضغط المرجل عندما يكون الحمل على المحرك كاملا . فإذا خف هذا الحمل زادت سرعة المحرك في مبدأ الامر فتزيد سرعة دوران كرات المنظم وتقل الصمام (ن) حتي يتناسب ضغط البخار الوارد والحمل الواقع على المحرك وبعبارة أخرى يتناسب الشغل الذي يؤديه البخار داخل الاسطوانة والقدرة المنتفع بها وبذلك تعود سرعة المحرك الى ما كانت عليه أي سرعته المتوسطة . والمنحنيات البيانية في شكل ٧٢ تبين تأثير الحاکم على كمية الشغل البیانى الذي يؤديه البخار داخل الاسطوانة بتخفيض ضغط البخار من م_١ وهو ضغط المرجل عندما يكون الحمل كاملا الى م_٢ عندما يكون الحمل ثلاثة أرباع الحمل الكامل و م_٣ عند نصف حمل الخ .

وشكل ٧٣ يبين حاکم تمديدي من طراز مختلف تركيبه عن تركيب الحاکم الاختناقى المذكور آنفا . ففي هذا الطراز يوجد كرتان (ا) محمولتان على رافعتين (ب) يضغط طرفيهما على شفة الكم (ح) ضد ضغط الياي (د) . وتدور الكرتان بواسطة التعشيق المسننة (هـ) التي تستمد حركتها من المحرك بأي طريقة كانت . فعندما تنفرج الكرتان تحت تأثير القوة المركزية الطاردة يرتفع الكم (ح) ويرفع معه الذراع (و) والساق (س) الذي يتصل طرفه بساق الصمام وتتحرك نهاية ساق الصمام في مشقية مقوسة في الرافعة (ن) وهذه الرافعة تهتز حول المركز (م) بواسطة ذراع السنترك (ص) .



شكل ٧٣ - حاكم عمدي

ويضبط الحاكم بحيث يكون طرف ساق الصمام مقابلاً لطرف ذراع التوصيل. عندما يكون الحمل كاملاً وبذلك يستمد الصمام حركته من السنريك وذراعه مباشرة ويقابل ذلك النهاية العظمى لمدى أيراد البخار أي ينقطع أيراد البخار عند النقطة (ح) في منحنى المبين النظري شكل ٧٣ ويكون الشغل البياني في الاسطوانة نهاية عظمى. فإذا خف الحمل إلى نصف الحمل الكامل مثلاً زادت السرعة فتحرك الكم (ح) إلى أعلا شاداً معه ساق الصمام إلى نقطة قريبة من مركز الرافعة (ن) فيقل بذلك شوط الصمام فينقطع أيراد البخار مبكراً عما كان عليه أي عند (ح) مثلاً فيقل الشغل البياني بحيث يتناسب والحمل الواقع على المحرك.

وللحاكم أشكال لا تقع تحت حصر تبعاً لجهاز توزيع البخار المستعمل وسرعة المحرك ولا يجد القاري صعوبة ما في تتبع طريقة عمل أي طراز منه متى كان ملماً بالنظرية الأساسية.

الفصل السادس

محركات الامتزاج الداخلي

٨٨ - تعريف ووصف عام - أتضح مما سبق ان في المحرك البخاري يحرق الوقود في اناء خاص وهو المرجل وتصل حرارته للمحرك بواسطة بخار الماء - ونظريا لا يوجد اي مانع من حرق اي صنف من أصناف الوقود المعروفة في فرن المرجل فيمكن استعمال البنزين أو السبرتومثلا كما يستعمل الفحم او المازوت غير ان هذا غير ممكن عمليا لأن في حرق اي نوع آخر من الوقود غير الفحم الحجري او المازوت او الخلفات الزراعية تكاليف باهظة - اولا لارتفاع أسعارها وثانيا لما ينشأ عن حرق الانواع الاخرى من الوقود من الفقد الحراري مما يبطل تكاليف القدرة المولده عن هذا الطريق - ففي محركات الاحتراق الداخلي يحرق الوقود داخل الاسطوانة وبذلك يمكن الارتفاع بنسبة كبيرة من حرارته لتحويلها الى شغل ميكانيكي مفيد والواقع فعلا ان الجوده الكلية لمحركات الاحتراق الداخلي اكبر بكثير من جودة المحركات البخارية التردديه بما فيها المرجل - اذ ربما بلغت في محرك من طراز ديزل ٣٥ ٪ في حين ان جودة أحسن محرك بخاري ترددي متوسط الحجم مع مرجه لا تزيد عن ٢٠ ٪ .

ولشدة الحرارة المولده داخل الاسطوانة تحاط اسطوانات المحركات الداخليه بالاحتراق بقميص ضيق يجري فيه الماء البارد لتلطيف درجة حرارتها منعاً لخوار المادة المصنوعة منه الاسطوانات ولضمان بقاء الخواص الزيتيه للزيت المستعمل لتشحيم سطوح الاحتكاك بين المكبس والاسطوانة وفي بعض المحركات المعرضه لتيار هوائي شديد كالمستعملة في الطائرات والموتوسيكلات وبعض السيارات الصغيره يكتفي بصنع الاسطوانات على شكل يضمن تعريض اكبر مساحه ممكنه لتيار الهواء .

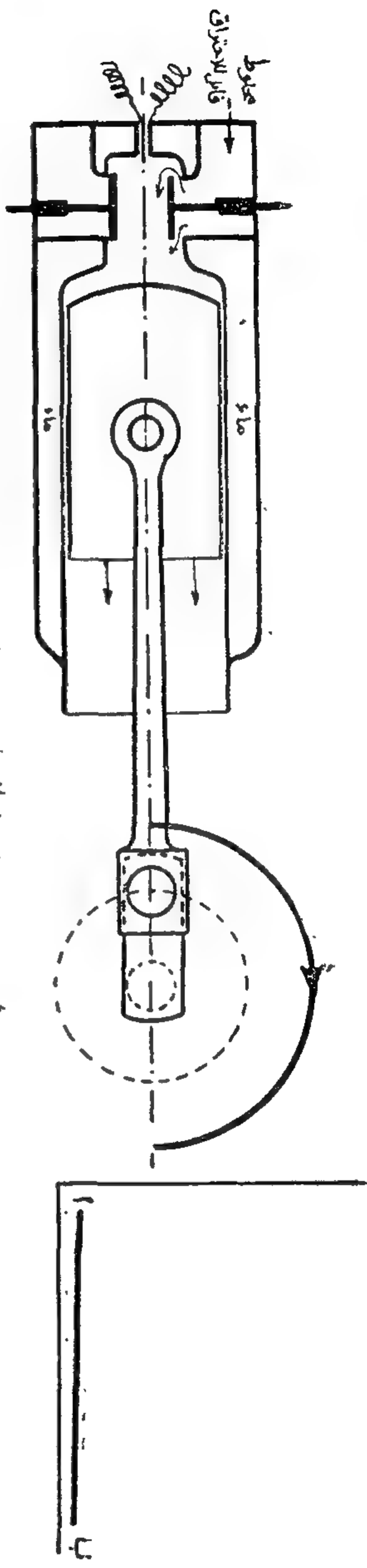
وتركيب محركات الاحتراق الداخلى لا يختلف عن المحركات البخارية سوى في التفاصيل اذ يتحرك مكبس داخل اسطوانه وتتحول حركة المكبس الترددية الى حركة دائرية بواسطة ذراع توصيل ومرفق . غير ان اغلب محركات الاحتراق الداخلى مفردة التأثير اي ان الوسيط الحراري يؤثر على وجه واحد للمكبس لذلك كانت الاسطوانه مفتوحة من أحد طرفيها ويتصل ذراع التوصيل بالمكبس مباشرة . فليس هناك ساق للمكبس ولا طربوش ولا ادله الا في بعض محركات ديزل الكبيره القدرة .

الدورات الحراريه لمحركات الاحتراق الداخلى

تشتغل محركات الاحتراق الداخلى بكافة انواعها على احدى اربعة دورات :-
(١) دورة أُنو الرباعيه الاشواط (٢) دورة كلارك الثنائية الاشواط (٣) دورة ديزل الرباعية الاشواط (٤) دورة ديزل الثنائية الاشواط - ويندر ان يوجد محرك يشتغل على دورة خلاف ذلك .

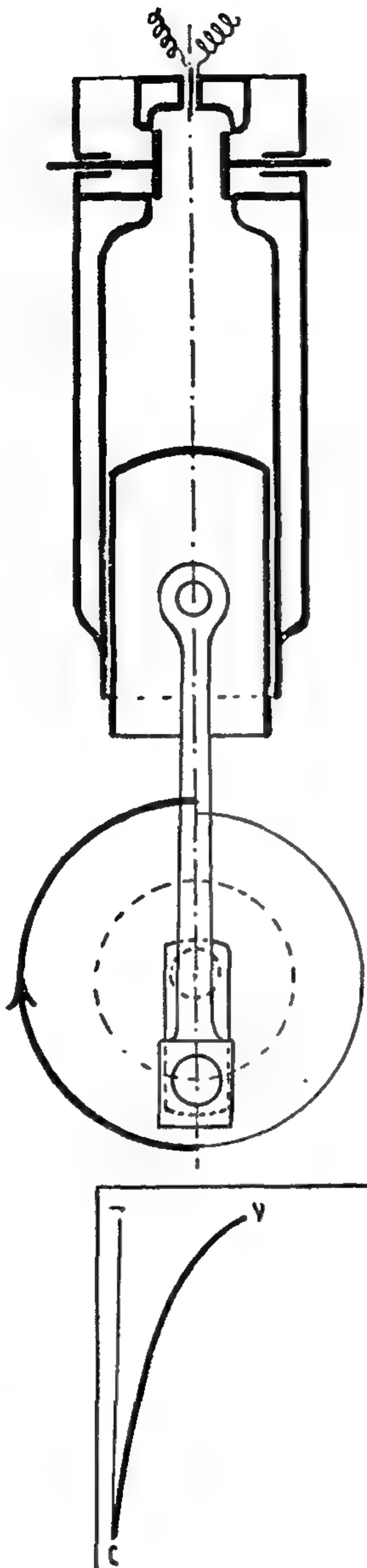
٨٩ - دورة أُنو الرباعيه الاشواط - تستغرق هذه الدوره اربعة أشواط للمكبس أي لفتين كاملتين لزر المرفق . والاشكال من ٧٤ الى ٧٧ تبين بطريقة تخطيطيه ما يحدث في كل شوط من هذه الاشواط .

ويلاحظ انه في هذه الدوره لا يوجد سوى شوط واحد من الاربعه أشواط يؤدي فيها الوسيط الحراري شغلا بتحريكه للمكبس - فيكون بذلك الشغل الناتج هو الفرق بين الشغل الذي يؤديه الوسيط الحراري والشغل الذي يؤديه المحرك وتمثل المساحه المظله في شكل ٧٧ الشغل المفيد الذي يعمل به الوسيط او الشغل البائى للمحرك . وسيأتي الكلام فيما بعد عن كيفية حساب القدره اليانيه من كرت المبين عند وصف انواع المحركات المختلفه .



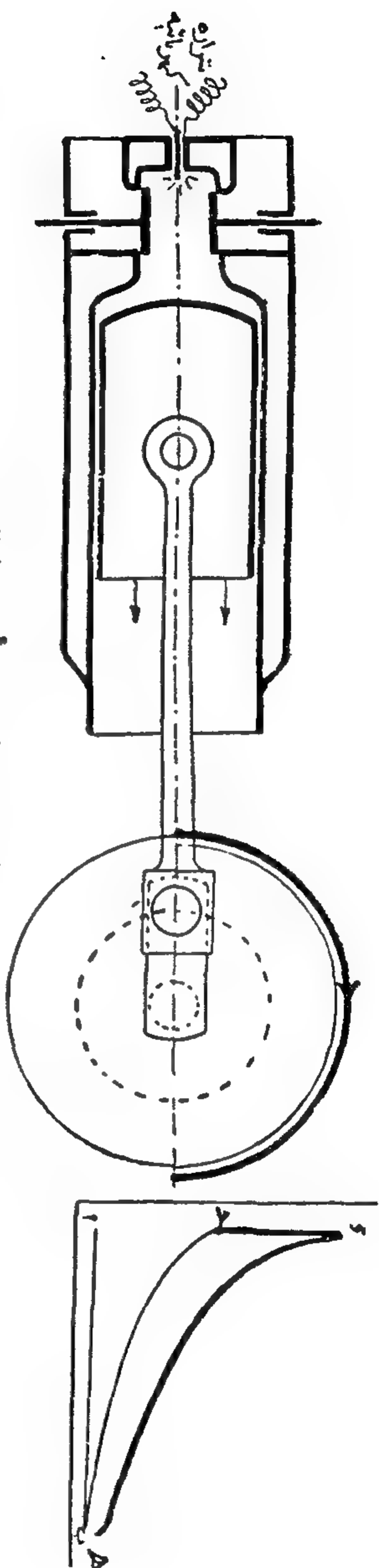
شكل ٧٤ - الشوط الاول - شوط الشحن

يتغير كالمكبس الى الخارج ويسحب مخلوط قابل للاحتراق من الرقود بالتبخر والهواوفي اثناء هذا الشوط يكون صمام الدخول مفتوحا . والتمثيل الترافي لهذا الشوط مبين بالخط اب في المنحني البياني ويبقى عند ا حيث الضغط جوبا ويقل الضغط تدريجيا الى نهاية الشوط حيث يكون الضغط عند ب اقل من الضغط الجوي بقدار طفيف . وعند نهاية الشوط تكون الاسطوانة مملوءة بشحنة من المخلوط .



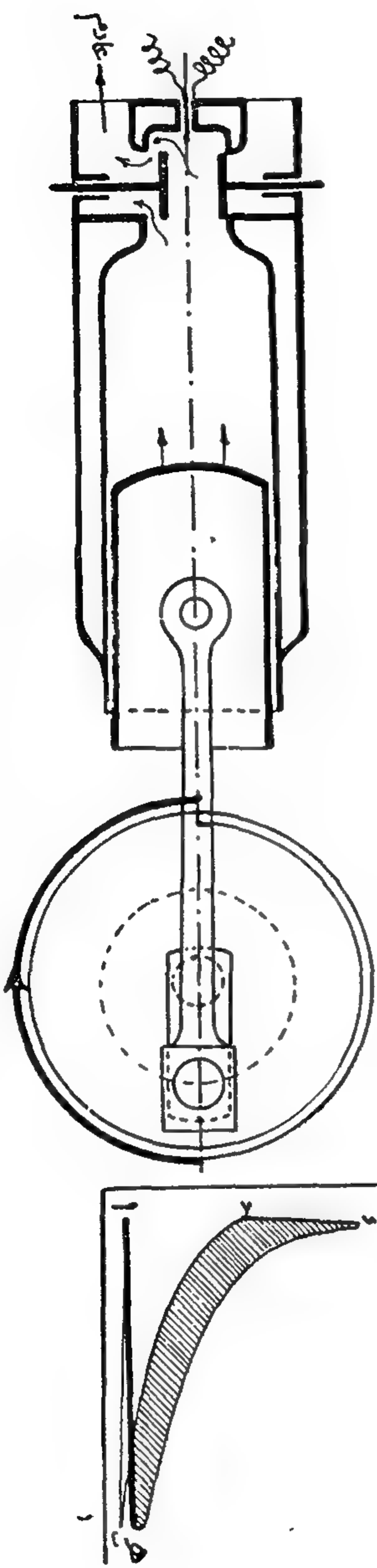
شكل ٧٥ - الشوط الثاني - شوط الكبس

تكون جميع الصمامات مغلقة أثناء حركة المكبس الى الداخل ضاغطة المخلوط الى أن يشغل الحيز المكبوس بين رأس المكبس وجدران د خزانة الاحتراق ه . ويمثل هذا الشوط غرافيا بالمنحني ب ج .



شكل ٧٦ - الشوط الثالث - شوط التمدد أو شوط التشغيل

لا زالت جميع الـ "الكمادات" متبقية - يشمل الخليط بشرارة كهربائية عالية لدرجة الضغط لدرجة عالية جداً يشبه فرقة البارود ويندفع المكبس الى الخارج وحيث ان التباب الخليط لا يستغرق الا برهة وجيزة لذلك يقل الضغط تدريجياً أثناء هذا الشوط وبمعنى آخر تتمدد الغازات المضغوطة من ك الى هـ في الرسم البياني



شكل ٧٧ - الشوط الرابع - شوط العرف

ينفتح صمام العادم قبل ابتداء هذا الشوط بقليل وأثناءه . فتعبرف غازات الاحتراق ثم يدفع المكبس ما تبقى منها الى نهاية الشوط حيث تعود الحالة الى ما كانت عليها عند ابتداء الشوط الاول . ويمثل هذا الشوط بالخط هـ ا .

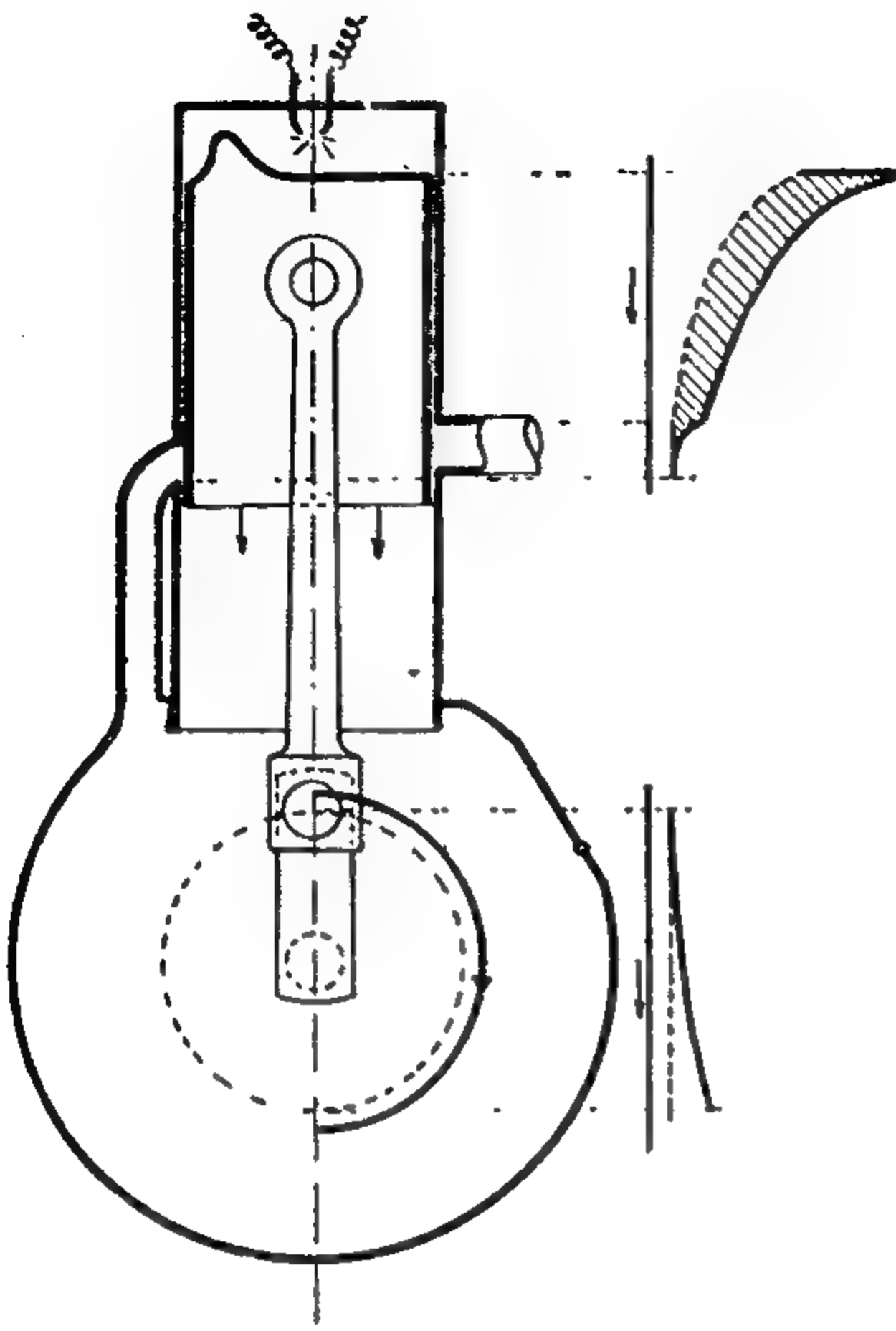
٩٠ - دورة محرك التناثية الاسواط - في هذه الدورة يوجد شوط

تشغيل في كل لفة للمحرك وبذلك يمكن نظريا للمحرك التناثي الدورة توليد ضعف القدرة التي يولدها محرك مساو له في الحجم يشتغل على دورة رباعية . وهذا غير متيسر في الواقع لاعتبارات عملية سيأتى ذكرها فيما بعد . وشكل ٧٨ يبين بطريقة تخطيطية محرك تناثي الاسواط واختلافه الجوهرى عن المحرك الرباعي الاسواط ينحصر فيما يأتى : -

أولاً - يستعمل الوجه الخلفي للمكبس في سحب شحنة الوقود والهواء ثم كبسها الى ضغط خفيف داخل حيز محكم وراء المكبس وفي محركات كثيرة يستعمل صندوق المرفق لهذا الغرض .

ثانياً - لا توجد صمامات متحركة في رأس الاسطوانة بل تدخل الشحنة ويخرج العادم من فتحات في جدار الاسطوانة في أوقات تتعين بموضعها بالنسبة لشوط المكبس كما سيتضح من شرح الدورة . وفي خلو هذه المحركات من الصمامات المتحركة ميزة عظيمة من حيث بساطة التركيب وسهولة الفك والربط وعدم تعرضها للتلف بسرعة .

أفرض أن المكبس في النهاية العليا لشوطه وأن هناك مخلوط من الوقود والهواء صار اشماله دافعا للمكبس الى اسفل حتى اذا كشفت حافة المكبس عن فتحة العادم (ع) انصرفت الغازات المحترقة التي تكون على ضغط اعلا بكثير من الضغط الجوي وفي اثناء هذا الشوط يضغط الوجه الخلفي للمكبس المخلوط الذي بداخل صندوق المرفق الى ما يقرب من $\frac{1}{4}$ كج على السنتيمتر المربع فوق الضغط الجوي . وباستمرار حركة المكبس الى اسفل تكشف حافته عن فتحة الدخول (د) المتصلة بصندوق المرفق فتتنقل الشحنة المضغوطة فيه الى الاسطوانة وفي الشوط الثانى يبتدىء ضغط الشحنة بعد ابتداء الشوط بقليل أي عند اللحظة التي تغطي فيها حافة المكبس فتحتي الدخول والعادم ويستمر الضغط الى نهاية الشوط تقريبا ثم تشعل الشحنة . وفي اثناء هذا الشوط يستعمل الوجه الخلفي للمكبس لسحب شحنة جديدة من مخلوط الوقود والهواء الى داخل صندوق المرفق استعدادا للدورة التالية .



شكل ٧٩

المكبس في نهاية شوطه الى
أعلا (شوط المكبس)

يشعل المخلوط

يندفع المكبس الى أسفل

يزيد الضغط داخل صندوق

المرفق عن الضغط الجوي فيقلل الصمام

الآوتوماتيكي وينضغط المخلوط داخل

صندوق المرفق .

في أثناء هذا الشوط تكشف حافة

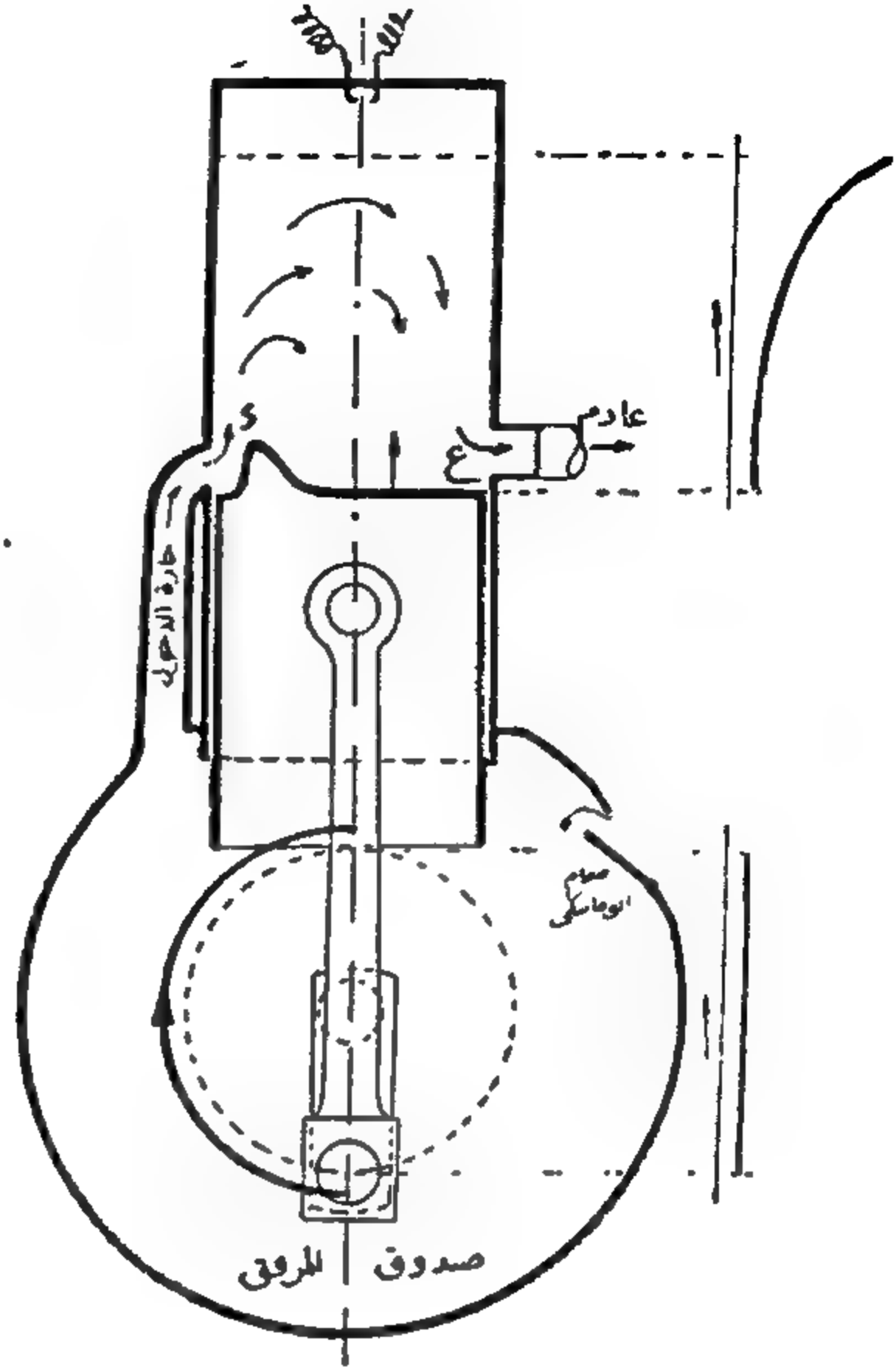
المكبس عن فتحة العادم أولا فتصرف

الغازات المحترقة ويقل الضغط داخل

الأسطوانة . ثم تكشف فتحة الدخول

فتنتقل الشحنة من صندوق المرفق الى

الأسطوانة .



شكل ٧٨

الغازات المحترقة تنصرف من فتحة

العادم

المخلوط ينتقل من صندوق المرفق

الى الأسطوانة عن طريق حارة

الدخول

المكبس في بدء شوطه الى أعلا

يبتدىء ككبس المخلوط داخل

الأسطوانة عندما تغطي الحافة العلوية

للمكبس فتحتي العادم والدخول .

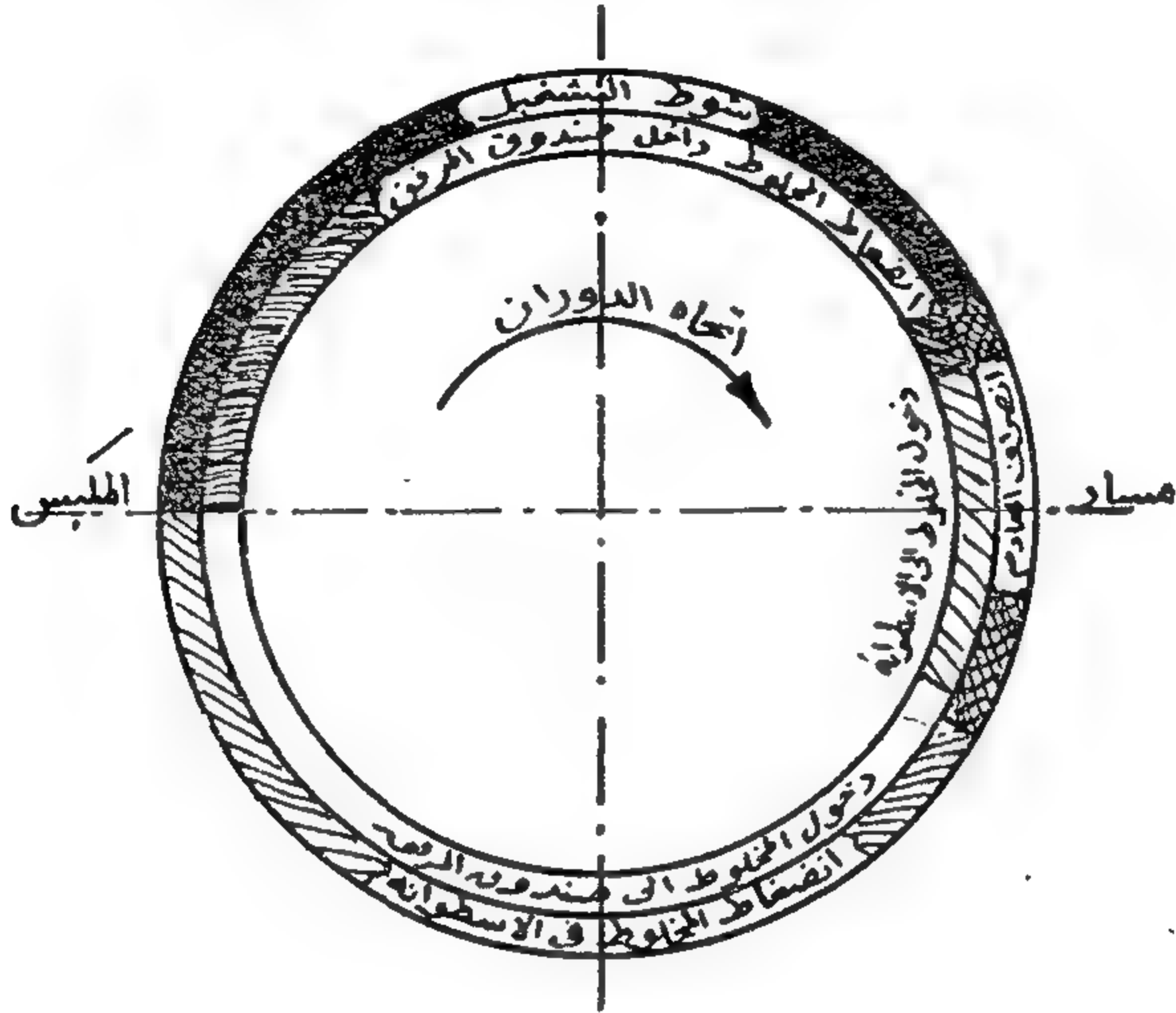
يبتدىء سحب المخلوط داخل

صندوق المرفق عندما يقل الضغط فيه

عن الضغط الجوي فيفتح الصمام

الآوتوماتيكي من تلقاء نفسه .

يتضح مما سبق أن هذه الدورة لا تختلف عن الدورة الرباعية الاشواط الا في استعمال الوجه الخلفي للمكبس في تأدية إحدى العمليات الأربع التي كان يؤديها وجه واحد للمكبس في الدورة الرباعية وهي عملية سحب المخلوط . ثم أن عملية

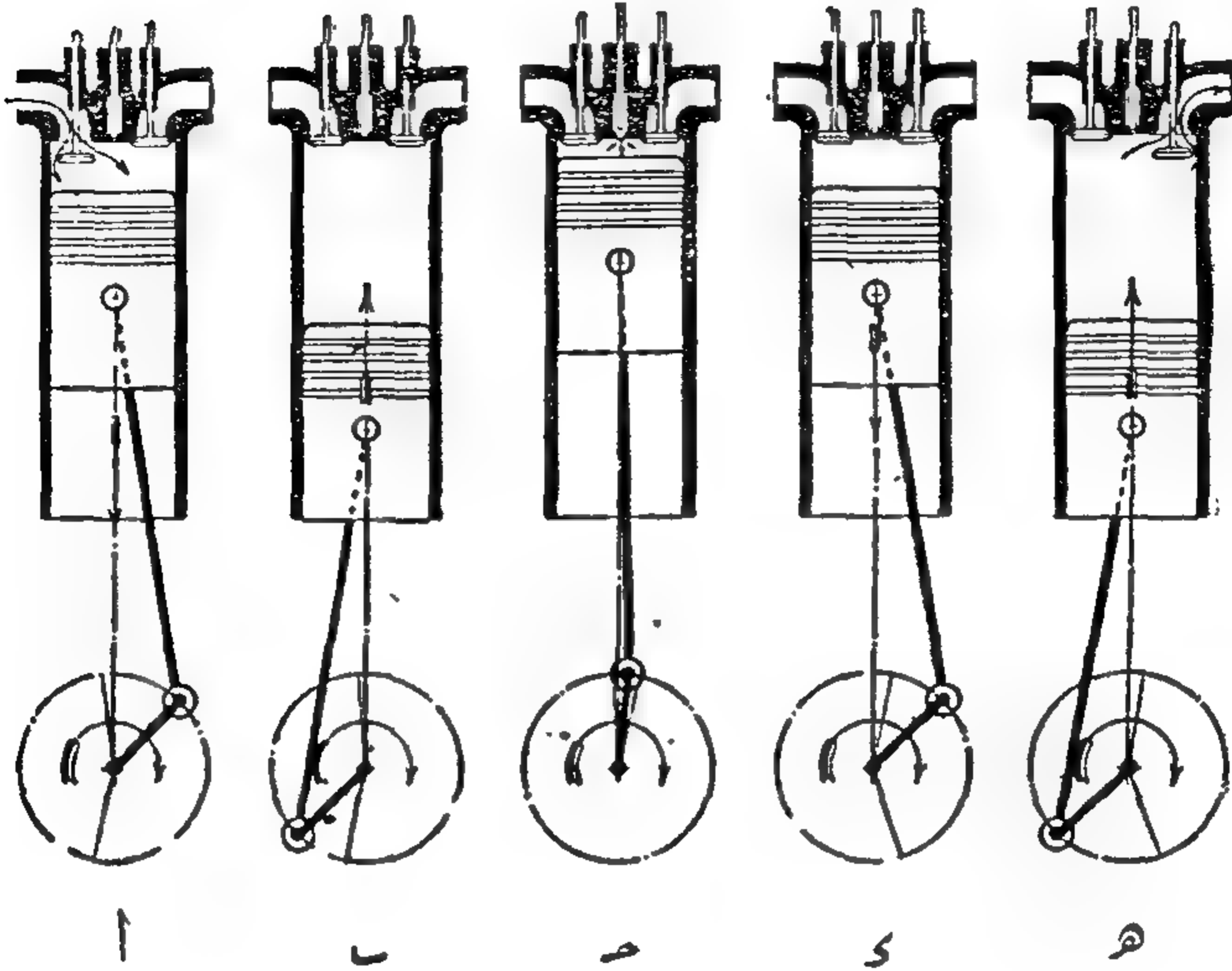


شكل ٨٠

أخرى وهي عملية صرف الغازات المحترقة لا تستغرق سوى جزء صغير من كل من شوط التشغيل وشوط الضغط. وفي بعض انواع المحركات تستعمل طلمبة خاصة لا يصلح شهنة الهواء أو المخلوط الى داخل الاسطوانة . وشكل ٨٠ يبين مدى حركة المرفق لعمليات الدورة الثنائية الاشواط .

٩١ - دورة ديزل الرباعية الاشواط - تختلف هذه الدورة عن دورة أتو في امرين . أولهما أنه في شوط الشحن يسحب المكبس هواء خالصاً وليس مخلوطاً قابلاً للاحتراق وثانياً أن احتراق الوقود يستغرق زمناً يقدر بين $\frac{1}{3}$ و $\frac{1}{8}$ شوط التمدد أي أن الاحتراق يحدث على ضغط ثابت وليس على حجم ثابت كما في دورة أتو . وشكل ٨١ يبين تفصيل عمليات دورة ديزل الرباعية الاشواط مرتبة من اليسار الى اليمين بحسب ترتيب حدوثها . وقد اصبح لمحركات ديزل مكانة عظيمة في الوقت الحاضر لما يترتب على استعمالها من

وفى في استعمال الوقود لذلك سنقرّد هذه المحركات باباً خاصاً يبحث في أنواعها وطرق تشغيلها بأكثر تفصيل مما جاء عن المحركات الأخرى .



شكل ٨١ - دورة ديزل الرباعية الأشواط

أ - شوط السحب . يتحرك المكبس الى أسفل ماصاً شحنة من الهواء الحاصل من خلال صمام الدخول المفتوح .

ب - شوط الضغط - يتحرك المكبس الى أعلا ضاغطاً شحنة الهواء الى ضغط عال .

ج - الإشعال - قبل نهاية شوط الضغط بقليل يحقن كمية صغيرة من زيت الوقود المستعمل فتشتعل من جراء ارتفاع درجة حرارة الهواء المضغوط داخل الاسطوانة .

د - شوط التشغيل - يستمر حقن الوقود لمدة قصيرة من الشوط الثالث وبعد ذلك يستمر اندفاع المكبس الى أسفل بتأثير ضغط الخليط المحترق .

هـ - شوط العادم - يعود المكبس الى أعلا في شوطه الرابع ويكون حينئذ صمام العادم مفتوحاً فتصرف غازات الاحتراق الى الخارج .

وشكل ٨٢ يبين مواضع المرفق المناظرة لبدء ونهاية العمليّات المذكورة آنفاً .
وفي أعلا الشكل المنحني البياني النظري للمحرك .

٩٢ - دورة ديزل الثنائية

الاشواط - وتختلف عن دورة كلارك الثنائية الاشواط كما تختلف دورة ديزل الرباعية الاشواط عن دورة أتو أي أن الشحنة من الهواء الخالص كما أن احتراق الوقود يحدث على ضغط ثابت أثناء جزء صغير من شوط التشغيل .

٩٣ - تقسيم محركات

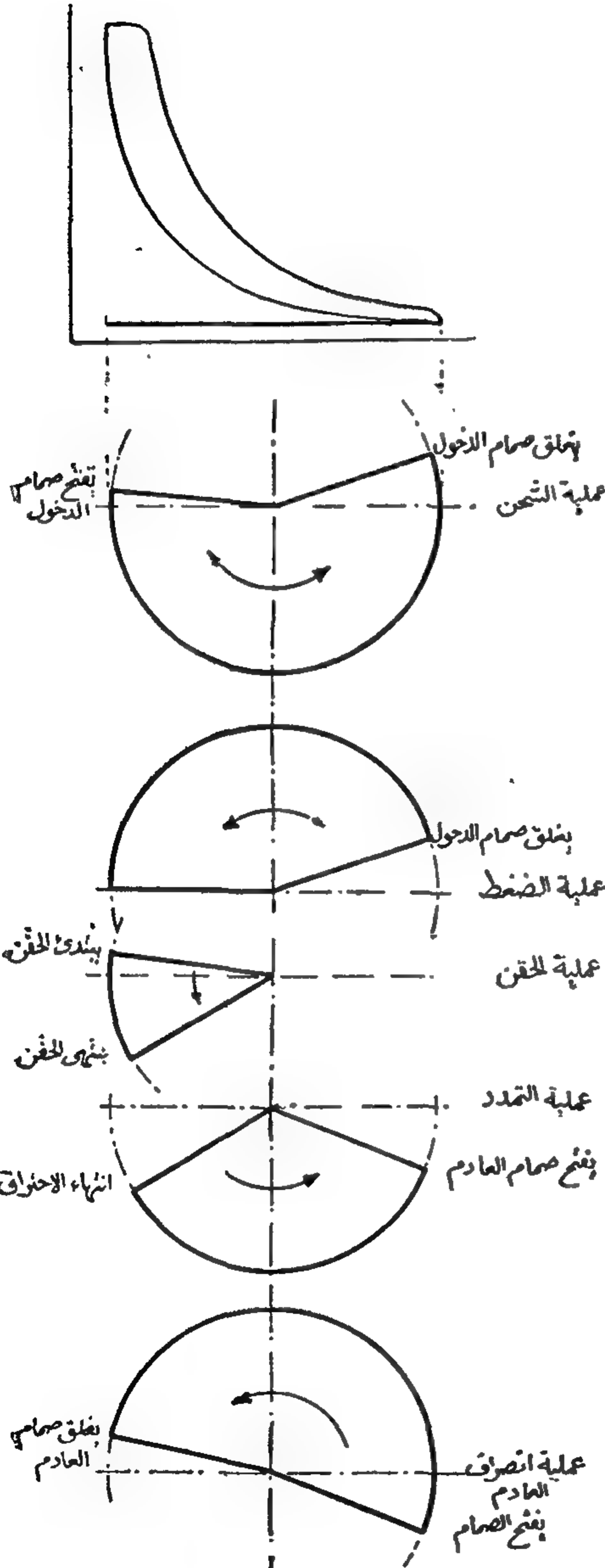
الاحتراق الداخلي بحسب نوع الوقود المستعمل في ادارتها - يمكن تقسيم هذه المحركات الى أربعة أنواع من حيث صنوف الوقود المستعملة :-

(١) محركات الغاز ويستعمل

فيها أما غاز الاستصباح المعروف أو غاز «النتج»

المستخرج من أنواع الفحم الفقيرة في المواد الطيارة مثل فحم الكوك

والإندتراسيت وفحم الحشب الخ .



شكل ٨٢ - مواضع المرفق المناظرة لبدء

ونهاية العمليات في دورة ديزل الرباعية الاشواط

(٢) محركات البنزين ويستعمل فيها البنزين المقطر من الزيوت المعدنية الخام وتتراوح كثافته من ٠,٧٠ الى ٠,٧٣ .

(٣) محركات البترول ويحرق فيها زيت البترول الابيض (الكيروسين) وتختلف كثافته من ٠,٧٨ الى ٠,٨٣ .

(٤) محركات الزيت الثقيل ويستعمل فيها ما يسمى المازوت وهو الزيت الذي يتقطر من الزيت الخام بعد تقطير البنزين والبترول الابيض وتختلف كثافته من ٠,٨٧ الى ٠,٩٣ . وتنقسم هذه المحركات الى نوعين :-

أ - محركات ديزل وهي ما يكون فيها أشعال الوقود مترتباً على ارتفاع درجة حرارة الهواء المضغوط في شوط الضغط ويصل الضغط في هذه المحركات الى ٤٥ كج على السنتيمتر المربع أو أكثر .

ب - محركات نصف ديزل وهي ما يكون فيها أشعال الوقود مترتباً على ارتفاع درجة حرارة السطح المعدني لحزنه الاحتراق أو رأس الاسطوانة . ويكون أنضغاط الهواء في هذه المحركات أخف من درجة أنضغاطه في محركات ديزل أي بين ٢٠ و ٢٥ كج على السنتيمتر المربع .

٩٤ محركات الغاز - يندرج جداً استعمال غاز الاستصباح في مصر لإدارة هذه المحركات وذلك لغلاء ثمن هذا الغاز من جهة ولأن هذا الغاز لا يحضر الا في المدن الكبيرة لذلك كانت الاغلبية الساحقة لاصحاب محركات الغاز يفضلون استعمال غاز المنتج المستحضر بجوار المحرك في أفران خاصة يحرق فيها الفحم الانتراسيت غالباً . ومتوسط التركيب الحجمي لغاز المنتج هو كما يأتي :-

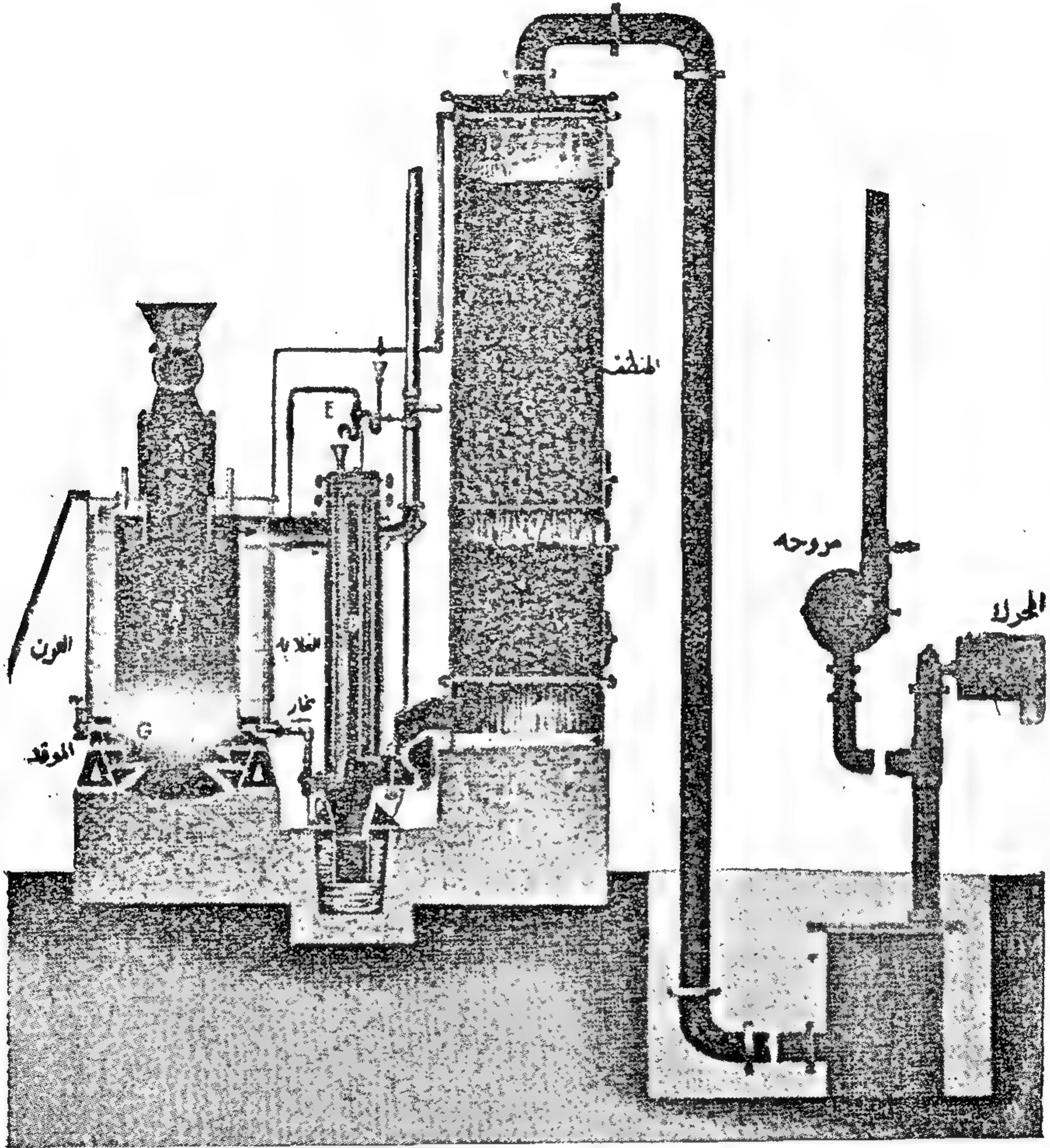
أول أكسيد الكربون (CO) = ٢١ ٪

أيدروجين (H₂) = ٥ ٪

والباقي وهو ٧٤ ٪ معظمه نيتروجين وقليل من الاوكسجين وثاني أكسيد الكربون وكلها غازات غير ملتهبة والقدرة الحرارية للمتر المكعب من هذا الغاز لا تزيد عن الالف كالوري ويحتاج المتر المكعب من الغاز الى متر مكعب ونصف من الهواء لكي يحترق احتراقاً تاماً .

ونظرية تحضير غاز المنتج تنحصر في حرق كربون الفحم مع كمية غير كافية

من الهواء فبدلاً من أن يتحول الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون وهذا ما يحدث في أفران المراحل يستحيل الكربون إلى أول أكسيد الكربون لأن أكسجين الهواء غير كاف لاستحالة إلى ثاني أكسيد الكربون وشكل ٨٣



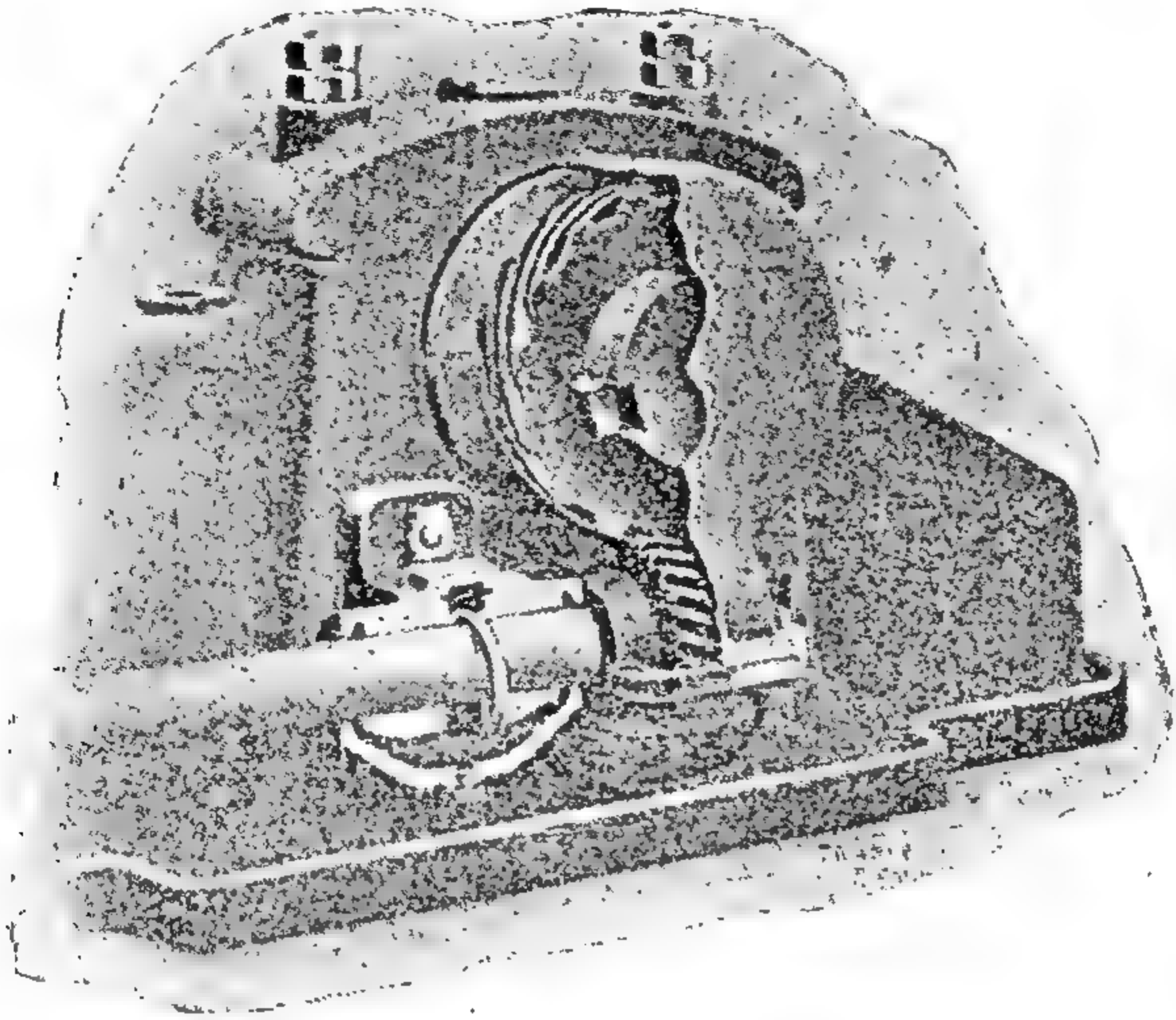
شكل ٨٣

يبين أحد أنواع منتجات الغاز من صنع شركة كروسلي ويتكون من الفرن A والغلاية B والمنظف C . والفرن A عبارة عن غلاف اسطواني من الصاج المبطن بطوب الحرارة بأسفله موقد G وبأعلاه مغذ للفحم D . ولتوليد الغاز توقد

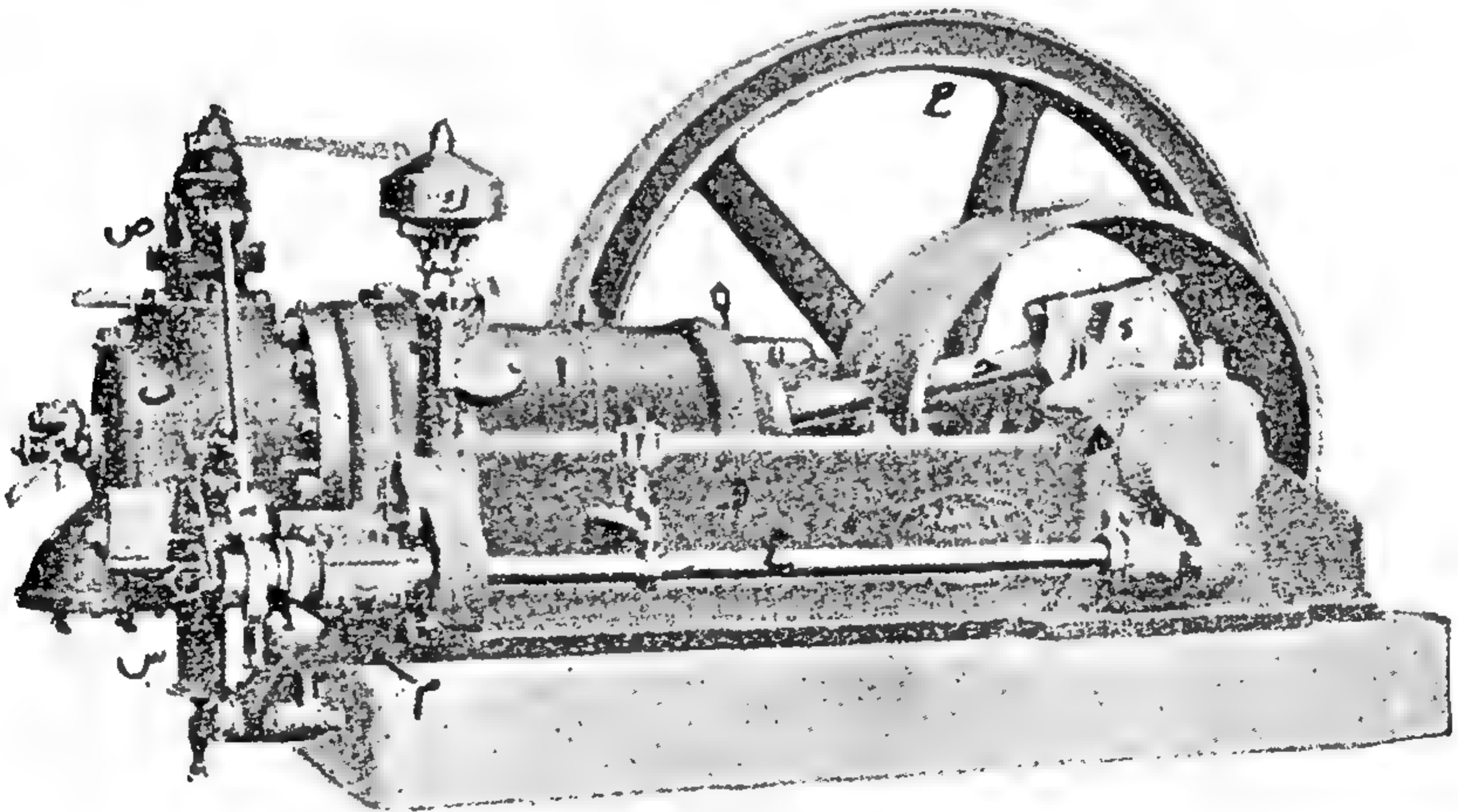
الطبقة السفلى من الوقود ويسحب الهواء في المجموعة بواسطة مروحة صغيرة حتى يصير الغاز المستحضر صالحا للاستعمال في المحرك وعندئذ يدار المحرك وتوقف المروحة أذ أن شوط سحب مكبس المحرك كافيا لسحب الهواء !اللازم من خلال الوقود وتحويله الى غاز .

يمر الغاز المتولد في الفرن من خلال الغلاية B وهي عبارة عن غلاف من الصاج داخله مواسير رأسية مملوءة بالماء الذي يتبخر من حرارة الغاز المار حولها في طريقه الى المنظف . وينفذ البخار المتولد على هذا النحو الى الفرن حيث تتفكك جزئياته الى ايدروجين يختلط مع الغاز المتولد في الفرن والى اوكسجين يستحيل الى اول أكسيد الكربون بتفاعله الكيمائي مع الكربون . ويبرد الغاز كما ينظف من المواد الغريبة التي تعلق به مثل تراب الفحم والزيوت الثقيلة المستقطرة من الفرن بمروره من خلال طبقات فحم الكوك المحفوظة في المنظف C والتي يتساقط عليها شآبيب الماء البارد . وبذلك ينفذ الغاز الى المحرك خالياً من القاذورات وعلى درجة حرارة الهواء الخارجي .

٩٤ - تفاصيل المحرك - لا تختلف محركات الغاز عن بعضها إلا في تفاصيل خزنة الاحتراق بما فيها من صمامات وكذا في التعشيق التي تحرك الصمامات وكيفية عمل منظم السرعة وبوجه الاجمال ففي جميع محركات الاحتراق الداخلي بكافة أنواعها تقريباً تستمد الصمامات حركتها من كامات مثبتة في عامود جانبي يدار بنصف سرعة العامود الرئيسي للمحرك بواسطة تعشيق مسننة كما هو مبين في شكل ٨٤ « والكام » عبارة عن قرص ثني محيطه مستدير والثالث الباقي بارزا بدرجة تعين بالحركة المطلوبة للصمام ولا يمكن الخوض في هذا الموضوع بأكثر من الاشارة السابقة ويكفي القاريء أن يعلم أن هذه الكامات هي وسيلة نستمد بها حركة ترددية من حركة دورانية وهي في ذلك تشبه المرفق والسنتريك الذي سبق ذكرهما في الفصول الخاصة بالمحرك البخاري .

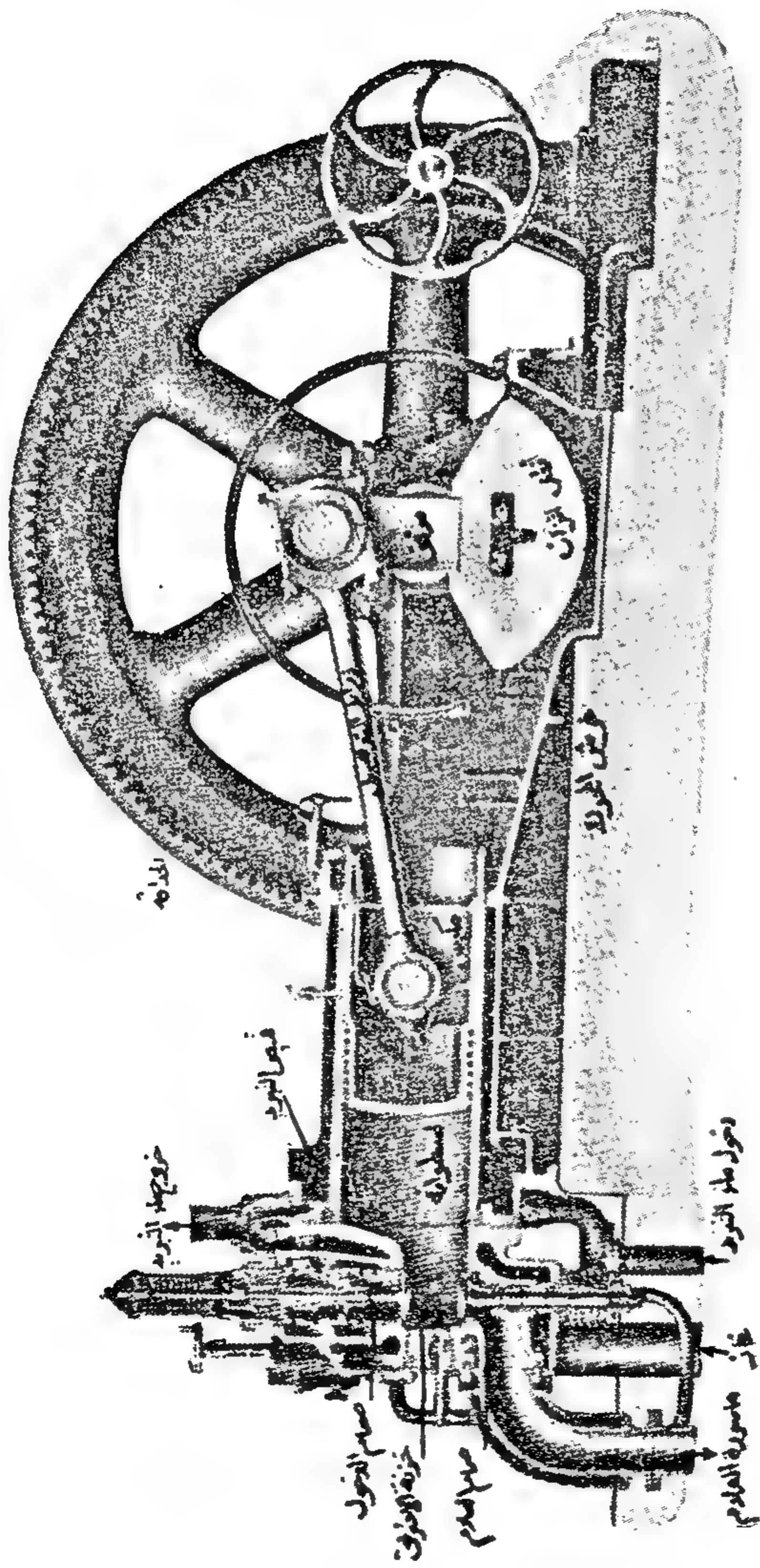


شكل ٨٤ - التعشيق المسننة لادارة عامود الكامات
والاشكال من ٨٥ الى ٨٩ تبين بعض تفاصيل مأخوذة من محركين غازيين
من صنع شركة تانجي وكروسلي وبجانب كل شكل شرح لاجزائه المختلفة .

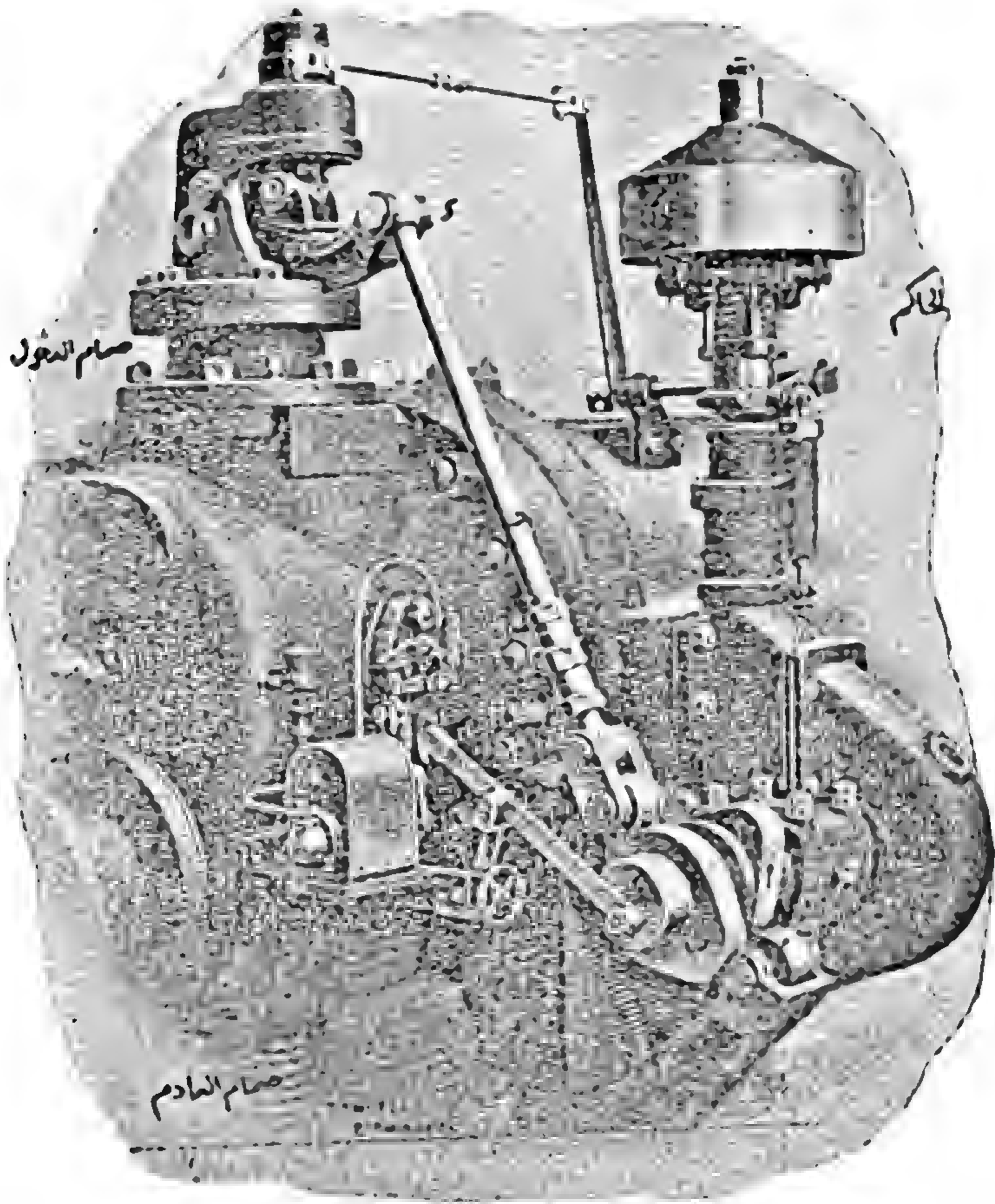


شكل ٨٥ - منظر عام لمحرك غازي من صنع شركة تانجي

- | | | |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| ١ - الاسطوانة وقميص التبريد ه - | أ - أحد الكراسي الرئيسية ك - | الحاكم |
| ب - خزانة الاحتراق | و - فرش المحرك | م - كامات حركة الصمامات |
| ح - ذراع التوصيل | ع - الحدافة | س - صمام دخول الغاز والهواء |
| ي - المرفق | ع - عامود السكامات | س - صمام العادم |



شکل ۸۶ - قطاع راسي في محرك غازي من صنع شركة كروسلي



شكل ٨٧ - تمهينة حركة صمام الدخول بما في ذلك اتصال الحاكم - نظام ناخبي

هـ - مولد كهربائي (ماجنتو)

و - خطاف تشغيل المولد

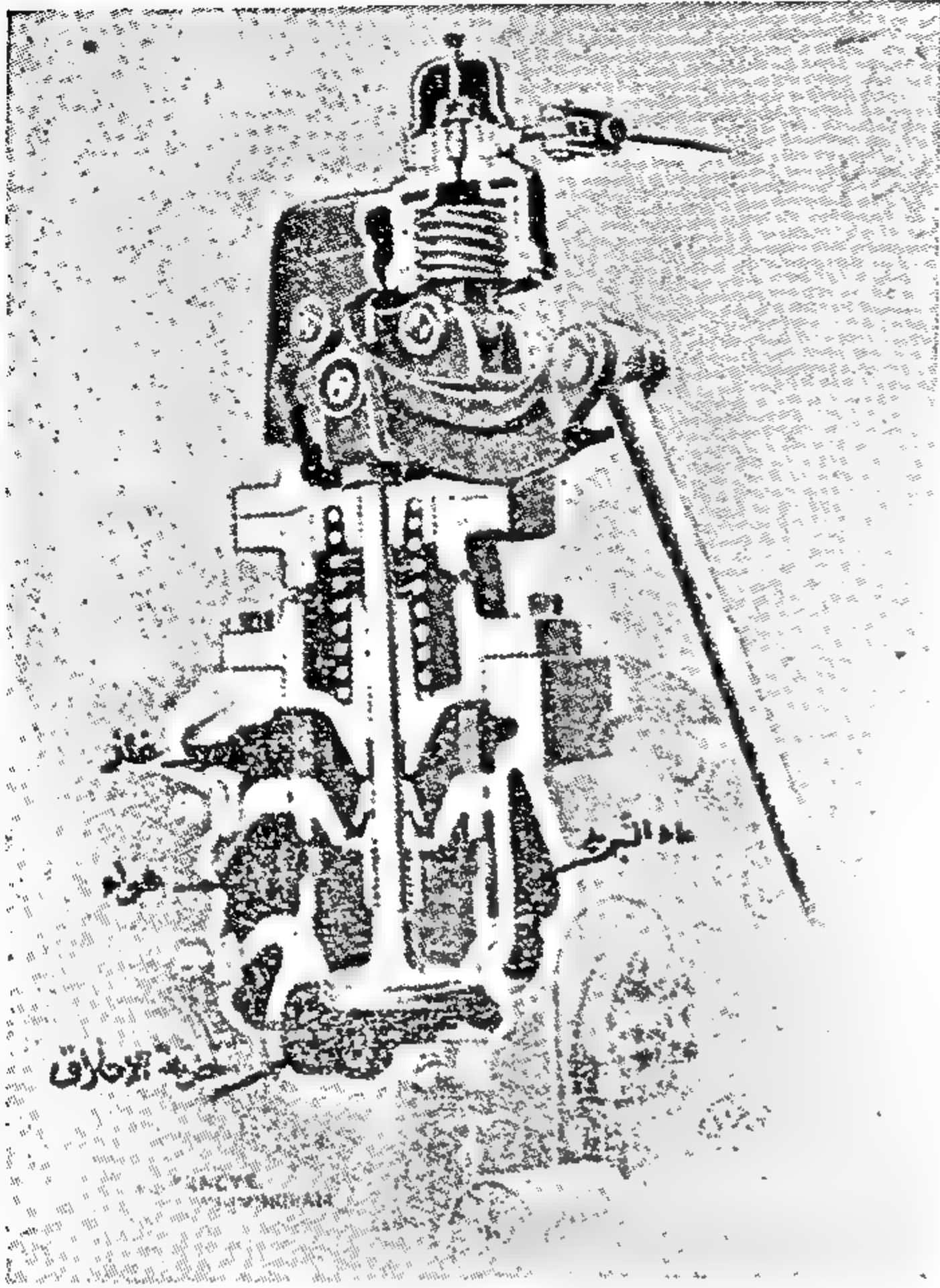
ز - شمعة ضرب الشرارة

أ - كام صمام الدخول

ب - كام صمام العادم

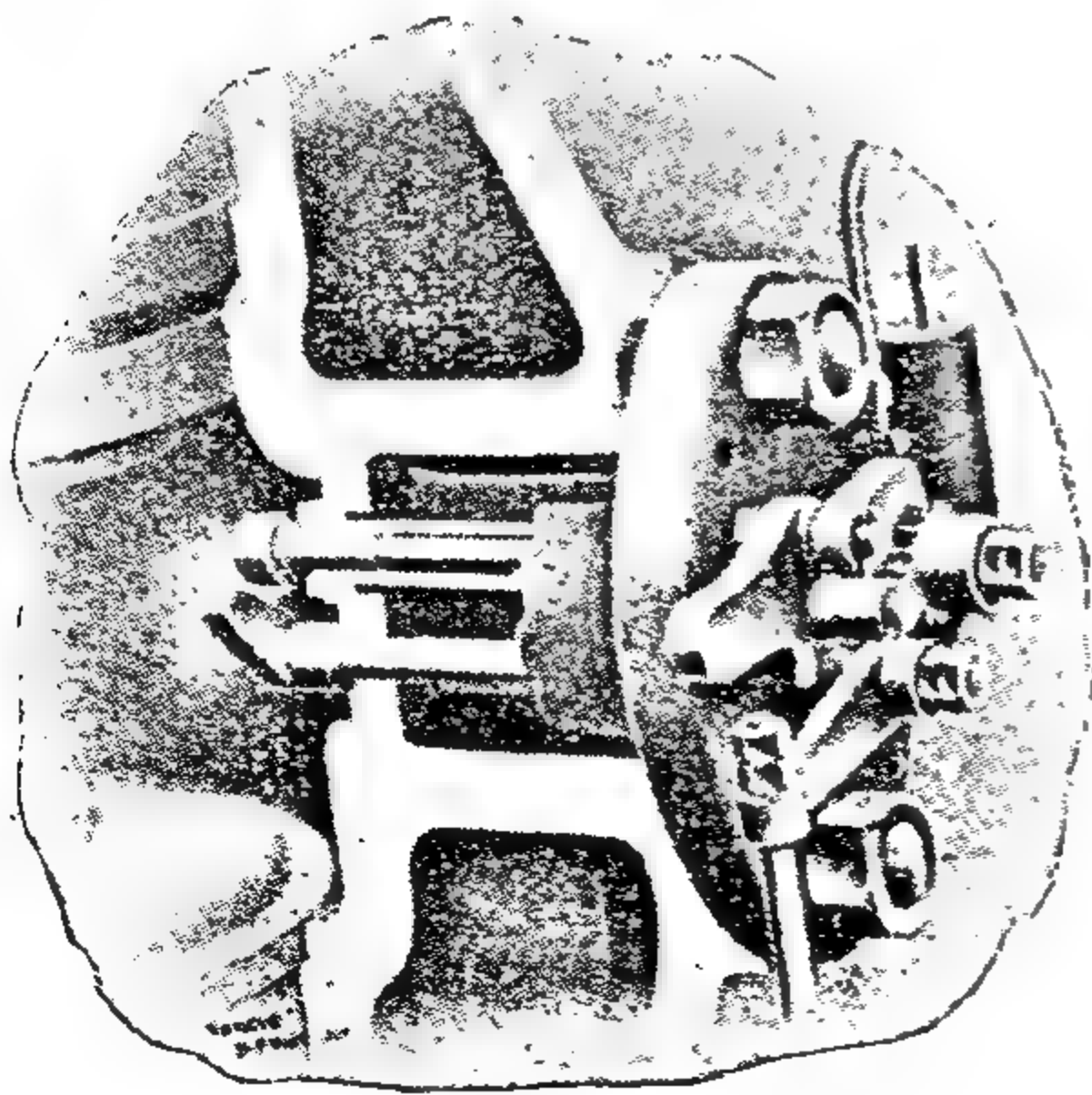
ج - ساق صمام الدخول

د - رافعة صمام الدخول



ويتركب صمام الدخول
المبين بشكل ٨٨ من صمام
رئيسي م مركب على ساقه
صمام صغير (س) لدخول
الغاز وحركة الصمامين
مستمدة من الرافعة (د) التي
يحركها الساق ه ويختلف
مدى حركة الصمامين
بأختلاف نقطة ارتكاز
الرافعة ونقطة الارتكاز
هذه تتوقف على مركز
القطعة (و) التي يتعين
وضعها بواسطة الحاكم فاذا
كانت القطعة (و) بعيدة

شكل ٨٨ - قطاع رأسى في صمام الدخول
عن الرافعة كانت نقطة الارتكاز قريبة جداً من محور الصمام وبذلك فلا يفتح
الصمام سوى فتحة ضئيلة وبالعكس اذا كانت القطعة قريبة من الرافعة أصبحت



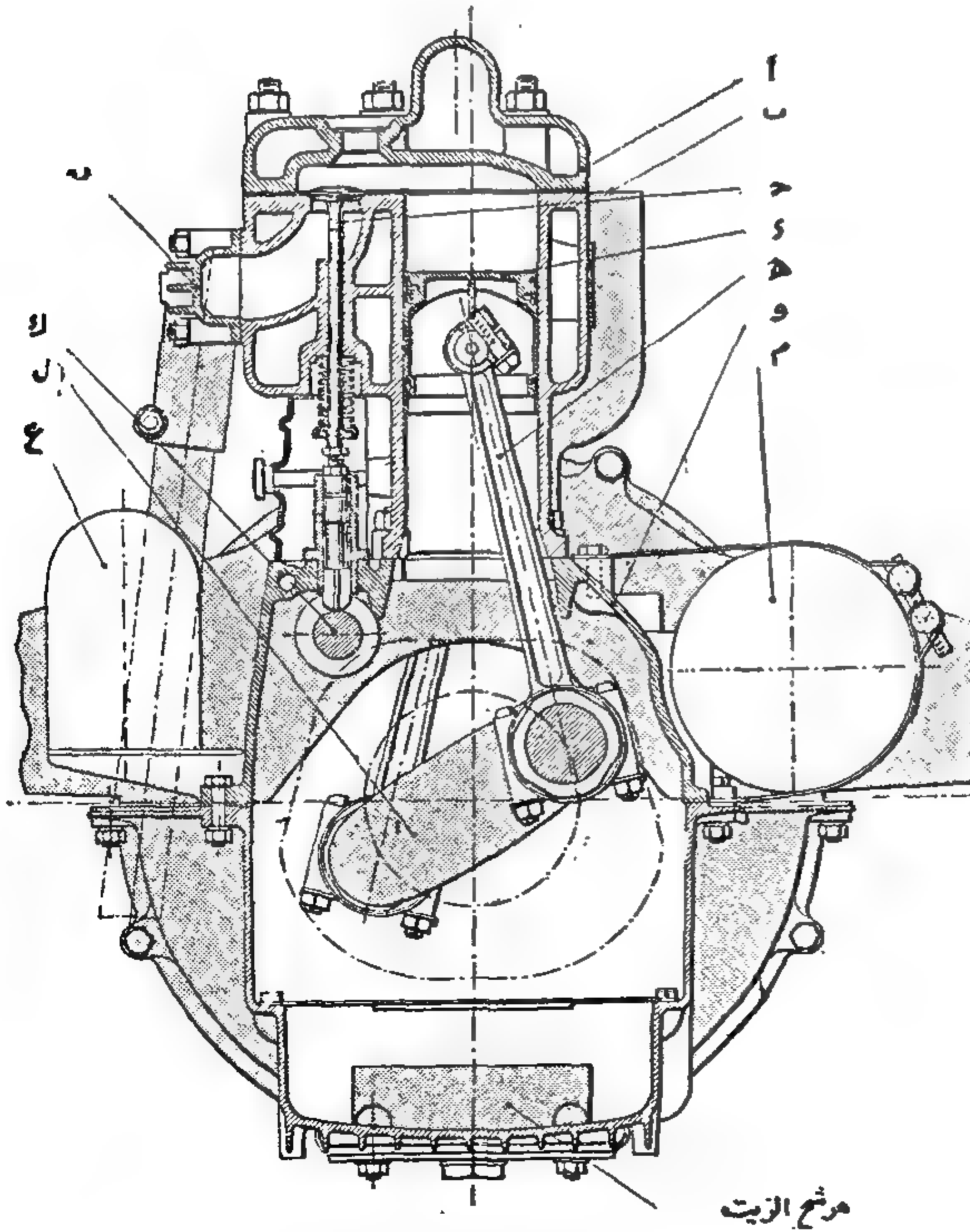
نقطة الارتكاز بعيدة عن محور
الصمام فتكون فتحة نهائة عظمى
وشكل ٨٩ يبين الشمعة التي تحدث
الشرارة الكهربائية لاشعال الخليوط
في الوقت المناسب فهي مكونة من
ساقين متماسين عند طرفيهما داخل
خزنة الاحتراق وكل من الساقين
متصل بأحد قطبي المولد الكهربائي
فعند الوقت المناسب يتولد تيار
كهربائي شديد الضغط بواسطة

شكل ٨٩ - شمعة ضرب الشرارة

الخطاف (و) المبين بشكل ٨٧ وفي نفس اللحظة ينفصل السائقين عن بعضها فتحدث شرارة قوية داخل خزانة الاحتراق تشعل المخلوط

٩٥ - محركات البنزين - تستعمل هذه المحركات في السيارات والطائرات فقط وذلك لخفة وزنها ووزن الوقود المستعمل لادارتها بالنسبة لقدره الممكن توليدها ولسهولة انقيادها لكل تغير يراد في سرعة دورانها ولولا هذه المزايا لما استعملت هذه المحركات مطلقاً لغلاء بن وقودها اذ تقدر تكاليف توليد الحصان ساعه بمحرك متوسط الجوده ثمانية مليارات في نظير أقل من المليم للحصان المولد بمحرك ديزل مثلاً .

وشكلي ٩٠ ، ٩١ يبينان قطاعين رأسيين في محرك بنزين للسيارات صنع شركة ستروين وقدرته الاسمي ١٠ خيل ويشغل على نظام دورة أتو الرباعية الاشواط وهو مكون من أربعة اسطوانات كتلة واحدة تشغل على أربعة مرافق في عامود ادارة واحد.



- ١ - غطاء الاسطوانات
- ب - الاسطوانات
- ج - صمام العادم
- د - مكبس
- هـ - ذراع التوصيل
- و - الجزء العلوي
- لصندوق المرفق
- م - مولد كهربائي للاضاءة
- ن - مجرى العادم
- ك - عامود الكامات
- ل - المرفق
- ع - المولد الكهربائي للشرارة

شكل ٩٠ - قطاع عرضي في محرك ستروين للسيارات

ولمحركات البنزين توابع ضرورية لحركتها أهمها اثنان وهما مولد كهربائي للشرارة ومحضر للبنزين ويطلق على الأخير كلمة « مذري » أو « كاربوراتير »

٩٦ - مولد الشرارة - ليس هذا الجهاز خاصاً بمحركات السيارات بل

يستعمل في جميع محركات الاحتراق الداخلي التي تعتمد على الشرارة الكهربائية لإشعال الخلوط داخل الاسطوانة . ولاحداث شرارة كهربائية قوية يجب توليد تيار كهربائي ذي ضغط عال أي ما يقرب من نحو ٦٠٠٠ فولت ويولد هذا التيار بأحدى طريقتين : -

أ - بطريقة الاستنتاج في جهاز خاص يعرف بالماجنيتو يدار بواسطة المحرك نفسه . .

ب - بطريقة التأثير في ملف تأثيري يغذى بتيار كهربائي ذي ضغط بسيط (٦ فولت مثلاً) مستمد من بطارية ثانوية . وقد أصبحت هذه الطريقة هي الشائعة الاستعمال في السيارات الحديثة لبساطة تركيبها وخلوها من الاجزاء المتحركة وضرورة تجهيز السيارة ببطارية ثانوية على أي حال للإضاءة ولابتداء حركة المحرك . ولو أن فريق من مستعملي السيارات لا زال يفضل طريقة الماجنيتو لاستقلاله في العمل عن البطاريات الثانوية السريعة العطب وفي كلا الحالتين يوزع التيار ذو الضغط العالي على شمعات الإشعال في الوقت المناسب بواسطة موزع خاص يستمد حركته من عامود الكمامات .

٩٧ - جهاز مخضر البنزين « المذري » - يمر الهواء في طريقة الى الاسطوانات

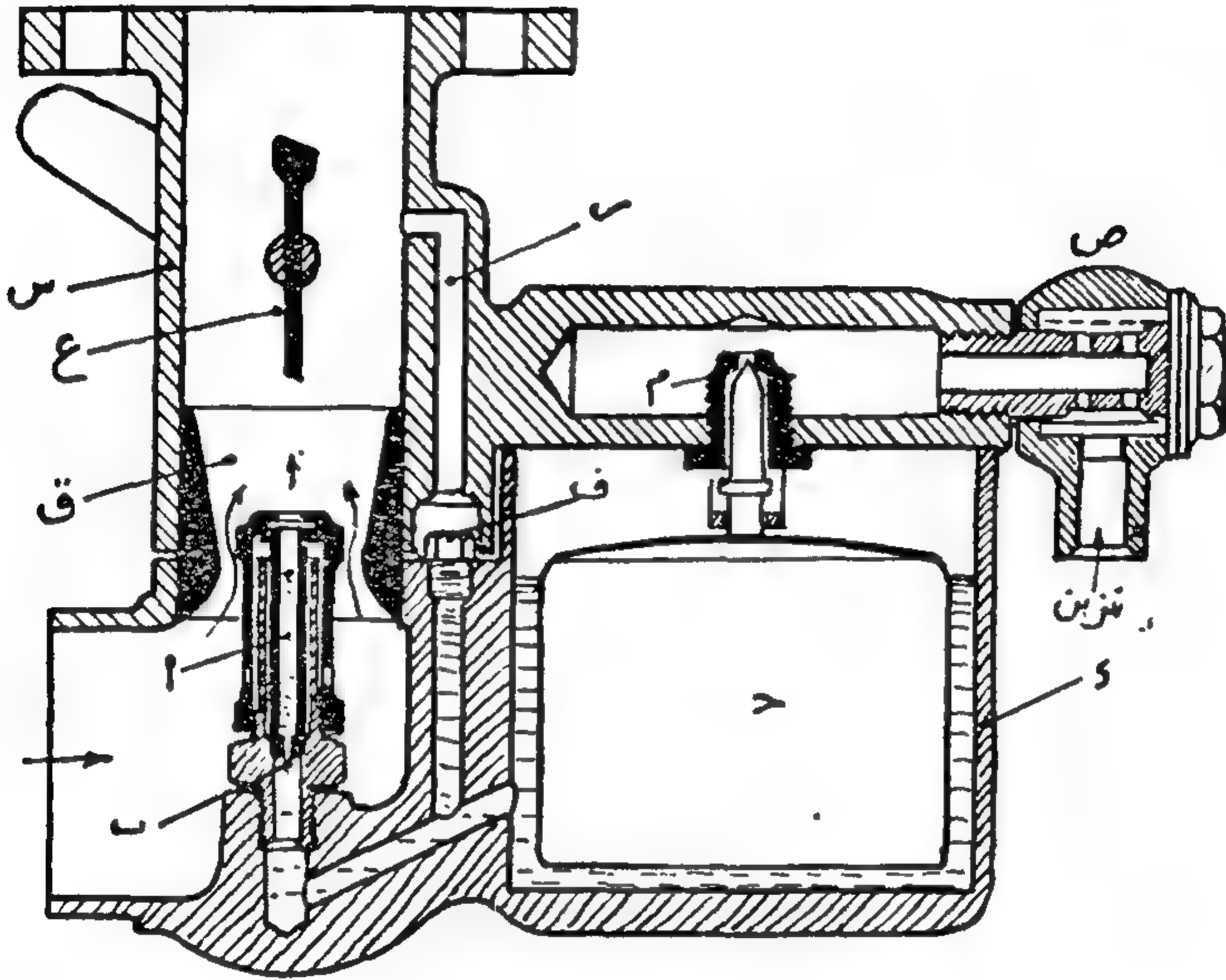
في أشواط الشحن من خلال جهاز يسمى المذري وظيفته خلط كمية معينة من رذاذ البنزين مع الهواء والمذري أشكال عديدة لا يمكن حصرها في هذا المقام أحسنها ما كانت أهم خواصه : -

(١) أن تكون تذبذبة البنزين تامة بقدر المستطاع

(٢) أن تكون نسبة كمية البنزين الى كمية الهواء في الشحنة ثابتة عند جميع

سرع المحرك :

(٣) أن تكون نسبة البنزين في المخلوط بحيث تضمن سهولة تقويم المحرك في جميع الظروف وشكل ٩٢ يبين مذكرى سولكس المستعمل في أنواع كثيرة من السيارات . ويتركب من نافوره رفيعة (١) أسفلها ثقب رفيع جداً (ب) ينفذ منه البنزين الى ما يقرب من الحافة العليا للنافوره . والمستوى الذي يرتفع اليه



شكل ٩٢ - مذكرى سولكس الرأسى

- | | |
|-----------------------------|---|
| س - ماسورة السحب | ب - فتحة البنزين للسرعة البطيئة |
| د - غرفة العوامة | م - صمام البنزين |
| ح - العوامة | ع - صمام المخلوط |
| أ - نافوره البنزين الرئيسية | ن - جلبة الاحتراق |
| ب - فتحة البنزين الرئيسية | ص - صامولة اتصال ماسورة البنزين بغرفة العوامة |

البنزين في النافوره يتعين بواسطة عوامة (ح) موضوعة في أثناء (د) يتصل بالنافوره (أ) بالقناة (هـ) وينفذ البنزين الى غرفة العوامة (د) من خلال صامولة الاتصال (س) والصمام (م) وبواسطة هذا الصمام والعوامة يحفظ

منسوب البنزين في غرفة العوامة وبالتالي في النافوره (أ) على ارتفاع ثابت أذ كلما هبط منسوب البنزين هبطت العوامه فانفتح الصمام ونفذ البنزين الى أن يرتفع المنسوب الى المستوى المطلوب وعند هذا المستوى تضغط العوامة على ابرة الصمام فيقف ورود البنزين . والنافوره (أ) موضوعة داخل ماسورة سحب الهواء بحيث أن تيار الهواء الداخل يمر عند فوهة النافوره بسرعة عظيمة . والغرض من جلبة الحثق (ب) هو رفع سرعة الهواء عند فوهة النافوره الى درجة يقل معها الضغط على سطح البنزين فيرتفع مستوية حتى يطفو على حافة الانبوبة فيتشبع الهواء الداخل الى المحرك من رذاذ البنزين المتبخر ويكون منه مخاوط قابل للاحتراق ينفذ الى اسطوانات المحرك . وتحدد كمية المخاوط بواسطة الصمام الاختناقي (ج) الذي يعترض ماسورة السحب (د) وهناك منفذ آخر (هـ) للبنزين يتصل بماسورة السحب عن طريق القناة (و) ينفذ منها مخلوط غني بالبنزين عند السرعة البطيئة للمحرك أي عند ما يكون الصمام (ج) مقفلاً تقريباً .

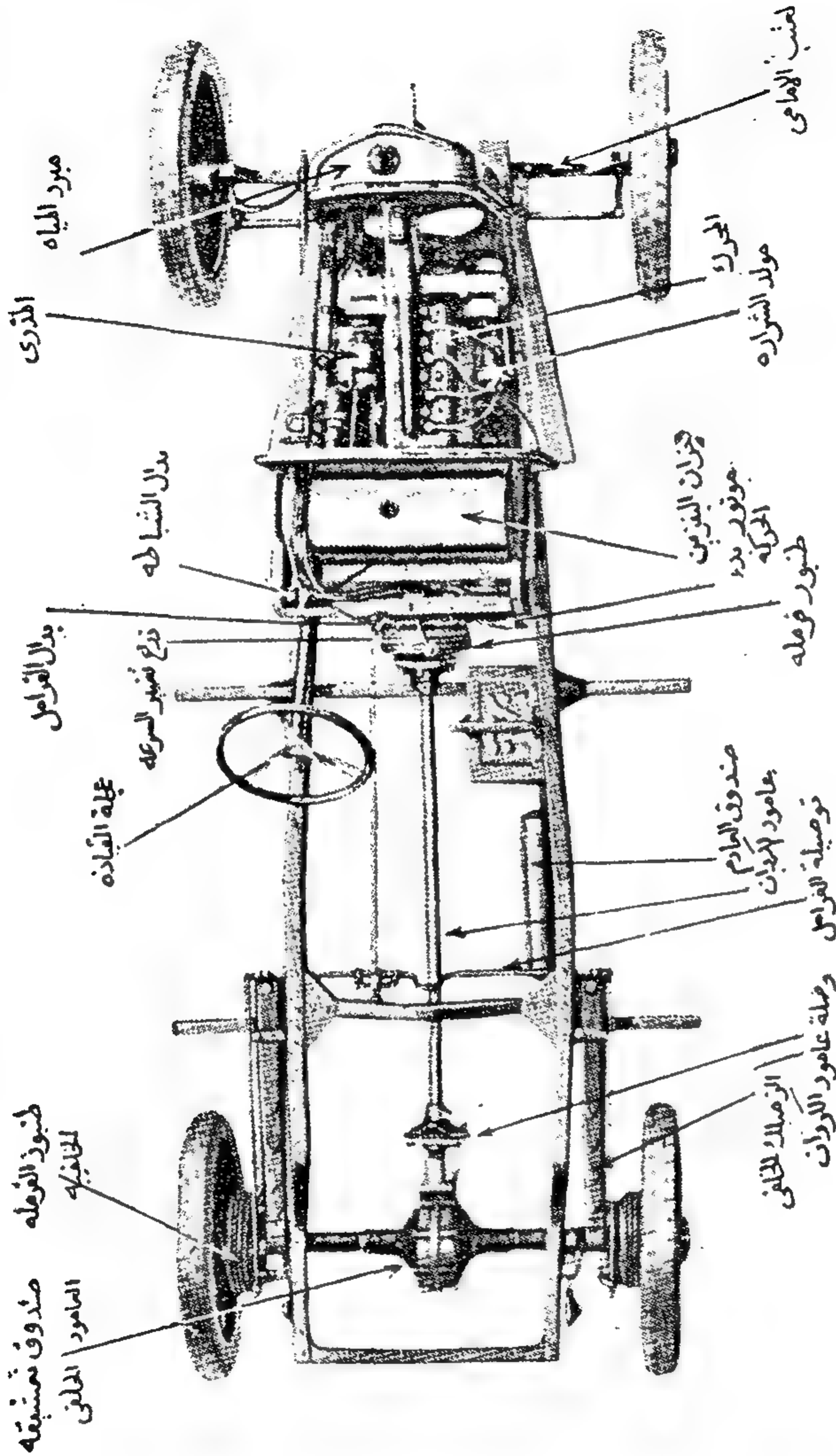
ولا تختلف محركات السيارات عن بعضها سوى في عدد الاسطوانات وفي تفاصيل المحرك نفسه كما يختلف وضع وترتيب التوابع اللازمة لادارة المحرك . فيختلف عدد الاسطوانات من أربعة الى اثني عشر أسطوانه ويوجد قليل من السيارات بها محركات ذات أسطوانتين فقط ولكن أغلب السيارات الحديثه ذات ستة أسطوانات وتختلف قدرتها الاسمييه من ستة عشر حصانا الى ٤٠ حصانا . والقدرة الاسمييه هذه أقل بكثير من القدره الحقيقيه للمحرك وتفرض الحكومات المختلفه ضريبه على السيارات بناء على قدرة محركها الاسمييه المستخرجه من قوانين يرى أولو الامر أنها تسري على جميع السيارات بصفة عادله . فعند الحكومه الانجليزيه والحكومه الامريكيه كما في بلديه الاسكندريه تقدر القدره الاسمييه لمحرك السياره من القانون .

$$C = \frac{V \cdot 10^3}{1612}$$

حيث C القدره الاسمييه بالحصان

V عدد الاسطوانات

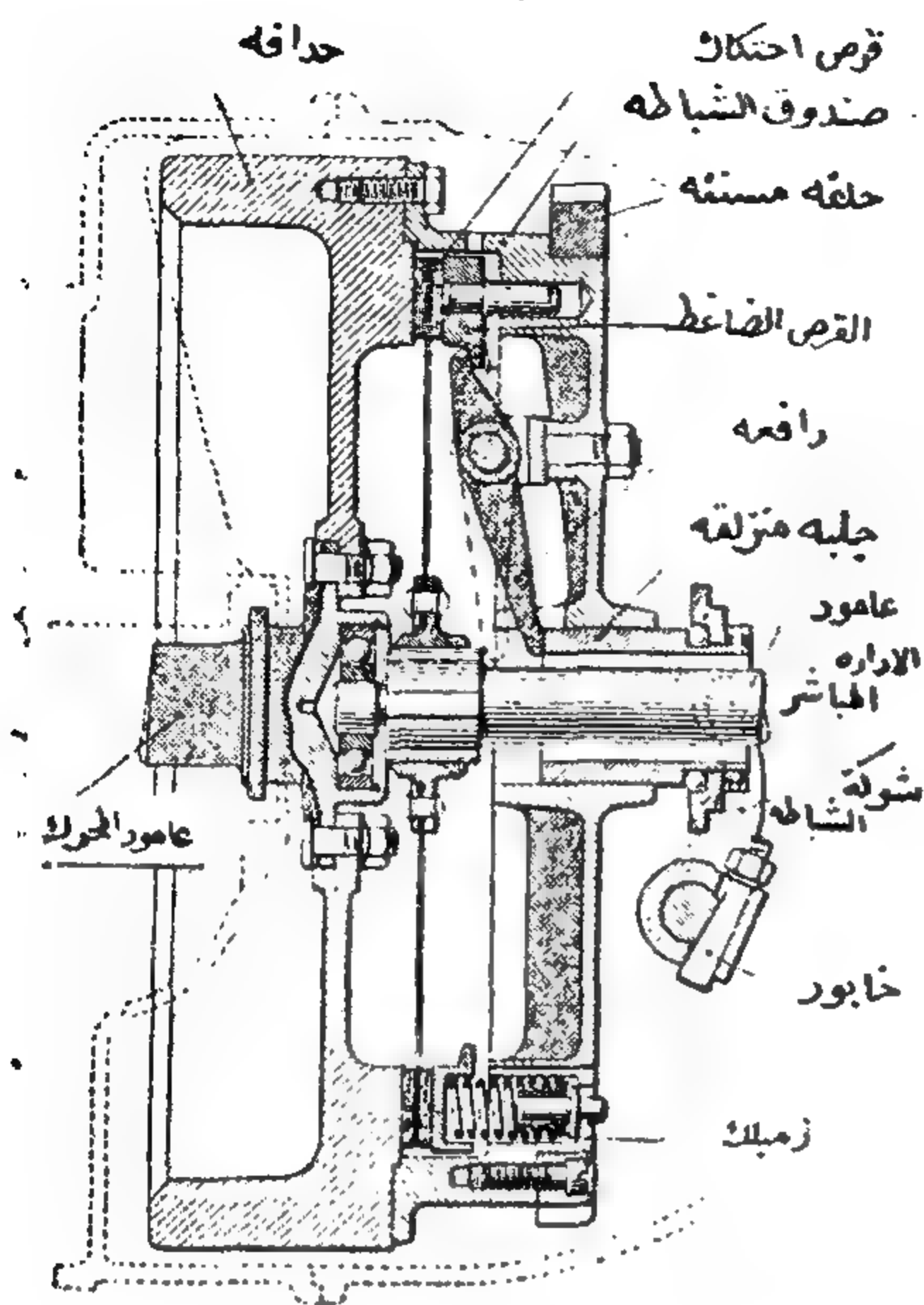
V القطر الداخلى للاسطوانه بالمليمتر



شكل ٩٣ - مسقط أفقي لسيارة ستيروين ١٠ خيل . مجردة عن الجسم العلوي

٩٧ - نقل قدرة المحرك الى عجلات السيارة - يوضع المحرك

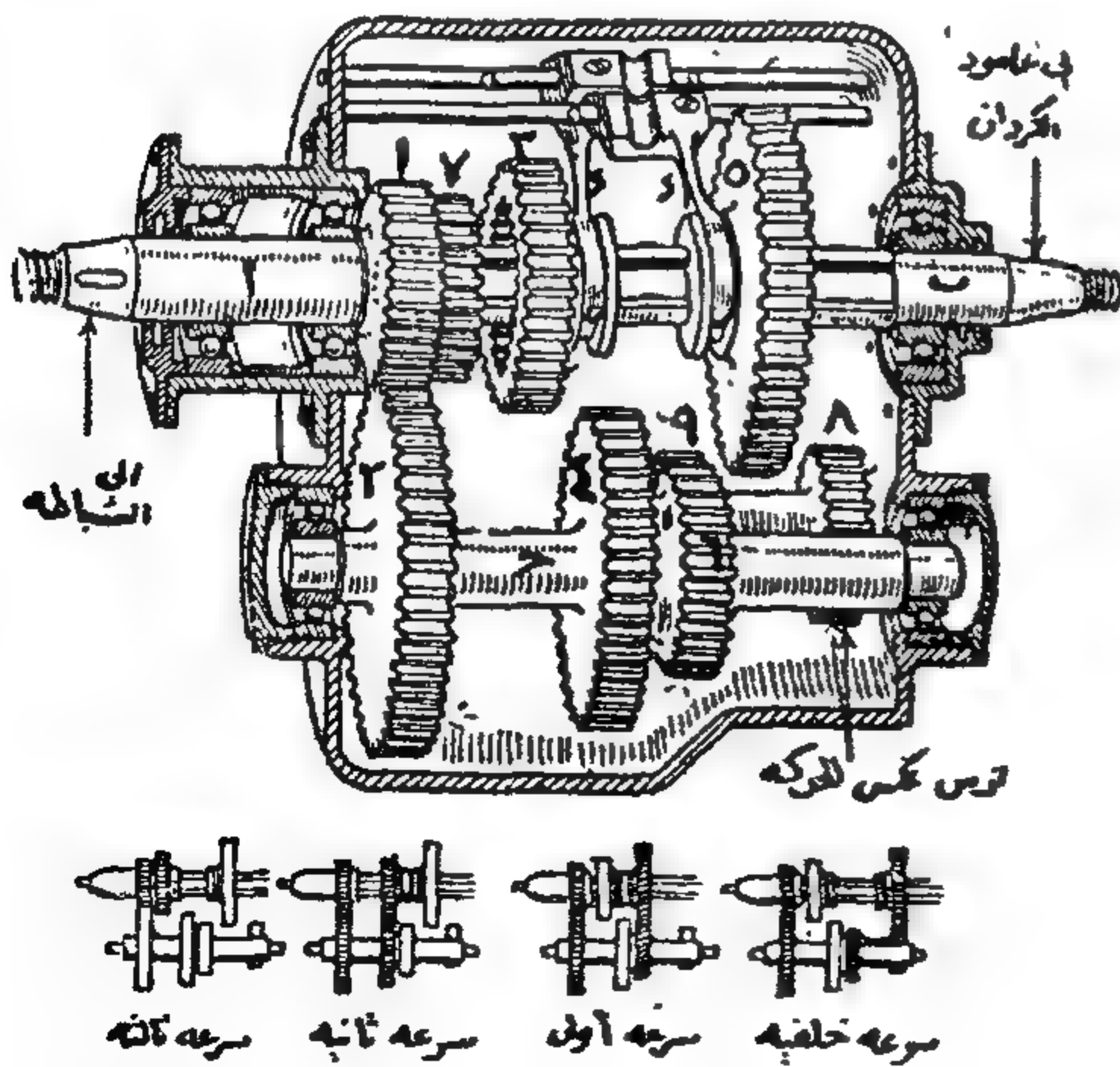
عادة في مقدمة السيارة بحيث يكون عامود ادارته على امتداد المحور الطولي للسيارة. وتنقل الحركة الى العجلات الخلفية على ثلاثة أطوار تحتها طبيعة حركة السيارة فتتصل نهاية عامود الادارة بشبابة احتكاكية يمكن السائق من فصل المحرك عن باقي اجزاء السيارة المتحركة لكي يتمكن من إيقاف السيارة بدون



أيقاف حركة المحرك وقد جعلت احتكاكية لكي يكون التعشيق تدريجياً وبذلك لا يقع حمل الجر على المحرك فجأة وشكل ٩٢ يبين احد أنواع الشبائط الشائعة الاستعمال في السيارات وتتكون من قرصين احتكاكيين فقط يبطن كل منهما بنسيج خاص مكون غالباً من الاسبستوس والقطن يتخلله خيوط من النحاس الأحمر ويتصل احد القرصين بعمود ادارة المحرك

والآخر بالعمود الموصل لصندوق شكل ٩٤ - قطاع رأسي في شباطه احتكاكية قرصيه

تعاشيق السرعة والحالة الطبيعية للقرصين هي أن يكونا منضغطين على بعضهما بواسطة زميلك أو أكثر ويوجد بدال متصل بشوكة تضغط على جلبه منزلة



يضغط طرفها الداخلي على رافعة تفصل الاقراص عن بعضها متى اريد فصل التعشيق . وتنقل الحركة من الشبائط الى صندوق تعاشيق السرعة وهو عبارة عن مجموعة من العجلات المسننة (شكل ٩٥) تنزلق بعضها على عمود ممتد بطول الصندوق ويتصل طرفه من الخارج بعمود الكردان الذي يوصل الحركة الى

شكل ٩٥ - قطاع منظور لصندوق تغيير السرعة للسيارات

العامود الخلفي المثبت به العجلتين الخلفيتين . وبواسطة هذه العجلات المنزلقة يمكن اختيار نسب مختلفة لسرعة عامود الكردان وسرعة عامود الشبابة بحيث تبدأ الحركة بنسبة كبيرة ثم تدرج هذه النسبة الى أن تتساوى السرعتين وفي شكل ٩٥ . أ العامود المتصل بالشبابة و ب العامود المتصل بعامود الكردان وكلاهما منفصلين عن بعضهما و ح عامود ثانوي مثبت به ثلاثة عجلات و د و هـ شوكتي تغيير السرعة الذي يمكن تحريكهما بواسطة ذراع تغيير السرعة . فعند بدء الحركة تزلق العجلة (٥) حتى تتعشق مع العجلة ٦ فيكون الاتصال بين العامودين أ و ب عن طريق العجلات ٢،١ ثم ٥،٦ ومتى ابتدأت السيارة في الحركة يفصل هذا التعشيق وتعشق العجلتين ٤،٣ ويكون الاتصال عن طريق العجلات ٢،١ ثم ٣،٤ ثم ينقل التعشيق الى النسبة النهائية بزلق العجلة ٣ حتى تتعشق مع العجلة ٧ من الداخل فيكون نقل الحركة حينئذ مباشرا بين العامودين . أما إذا اريد عكس الحركة فتعشق العجلة ٥ بالعجلة ٨ ثم بعجلة أخرى (٩) على امتداد ٨ الى ٦ . فيكون التعشيق حينئذ من ١ الى ٢ ثم من ٦ الى ٩ ثم من ٨ الى ٥ . وفي أسفل الشكل تظهر التعاشيق الاربعة المذكورة . وتتضح ضرورة تغيير نسبة السرعة في السيارات عند بدء الحركة من طبيعة محركات الاحتراق الداخلي التي لا يمكنها بذل مجهود عظيم دفعة واحدة بل تحتاج الى التدرج في القيام بعقب الحمل الناتج . من المقاومة للجبر . ويتصل عامود صندوق السرعة بالعامود الخلفي المثبت به العجلات الخلفية بواسطة عامود يسمى عامود الكردان (شكل ٩٣) ثم بتعاشيق مسدنة خاصة ميزتها تمكن احدى العجلات الخلفية من الدوران بسرعة اكبر أو اصغر من سرعة العجلة الاخرى عند منحنيات الطريق وليس هنا مقام الشرح التفصيلي لهذه التعشيق أو للتفاصيل الاخرى لقطع السيارة الكثيرة .

الفصل السابع

محركات الزيت الثقيل

٩٦ - يمكن تقسيم هذا النوع من محركات الاحتراق الداخلى الى أربعة أقسام بحسب نوع الوقود المستعمل فيها والطريقة المتبعة في أشغال شحنة الوقود ودورها الحرارية :-

(١) محركات الكيروسين (زيت البترول الابيض المستعمل في الاضاء والطبخ) وقد اصبحت هذا النوع نادر الاستعمال الآن لتفوق الانواع الاخرى عليه من وجهة الاقتصاد وسهولة الادارة

(٢) محركات الزيت الثقيل ذات الضغط المنخفض ولا تستعمل الآن سوى للتدورات الصغيرة .

(٣) محركات الزيت الثقيل ذات الضغط العالي

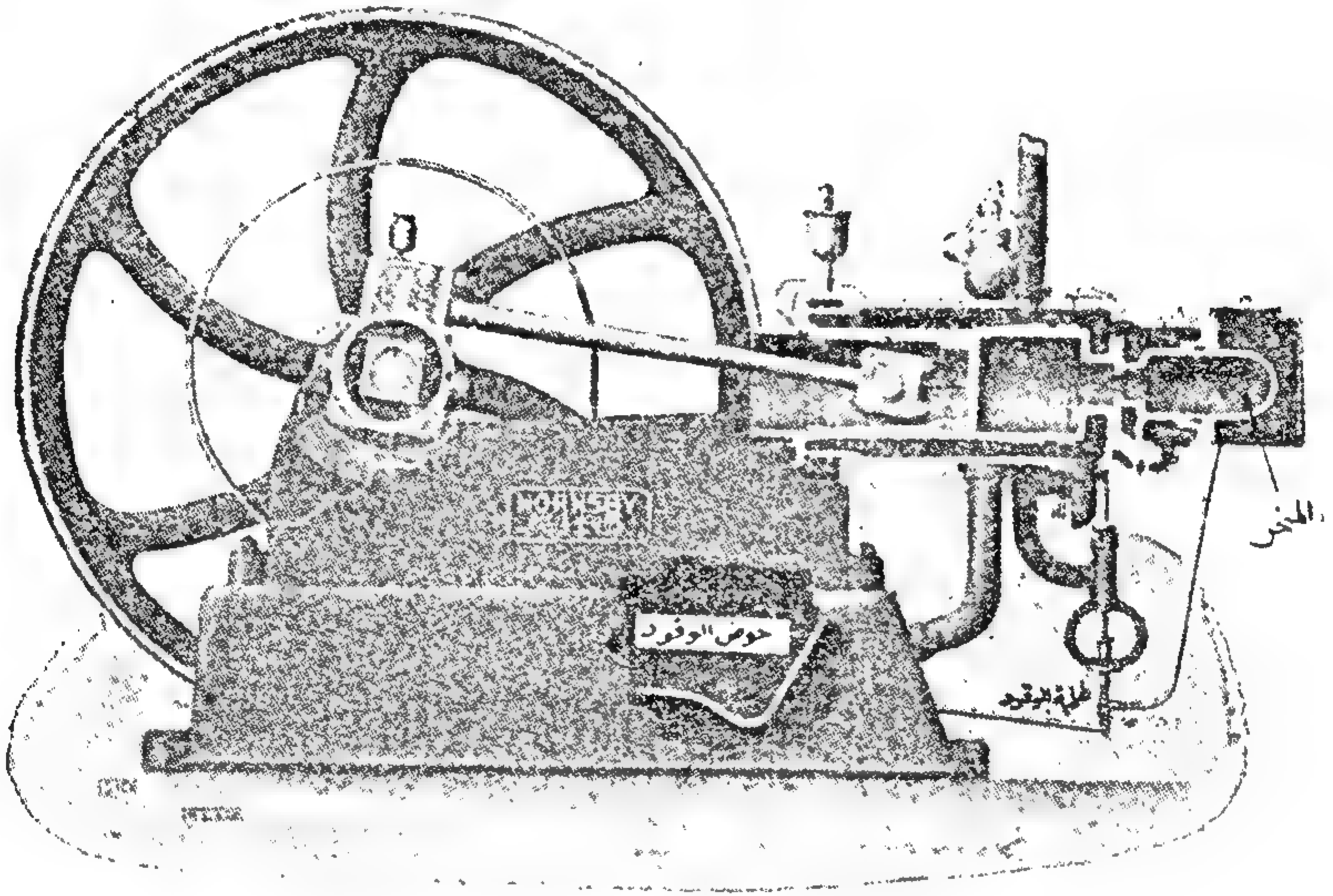
(٤) محركات ديزل

وقد اصبحت للنوعين الاخيرين أهمية عظمى في توليد القدرة في جميع أنحاء العالم براً وبحراً ويسير تقدم صناعة النوع الاخير من المحركات بخطى واسعة جداً ولا يبعد أن تستعمل هذه المحركات دون سواها في توليد القدرات في المستقبل القريب غير أنه لا يزال الطوربين البخاري محتفظاً بمركزه في توليد القدرات العظيمة في المحطات المركزية لتوليد الكهرباء .

٩٧ - محرك هورنبي - هو أحسن مثال لمحركات الكيروسين ويشغل

على نظام دورة أتو الرباعية الاشواط ولا يختلف عن محركات البنزين سوى في نظام إدخال شحنة الوقود الى الاسطوانة ففي محركات البنزين يشبع الهواء الداخل للاسطوانة برذاذ البنزين بواسطة المذرى على درجات الحرارة العادية وذلك لسهولة تبخر البنزين على هذه الدرجات المنخفضة أما زيت البترول فيحتاج

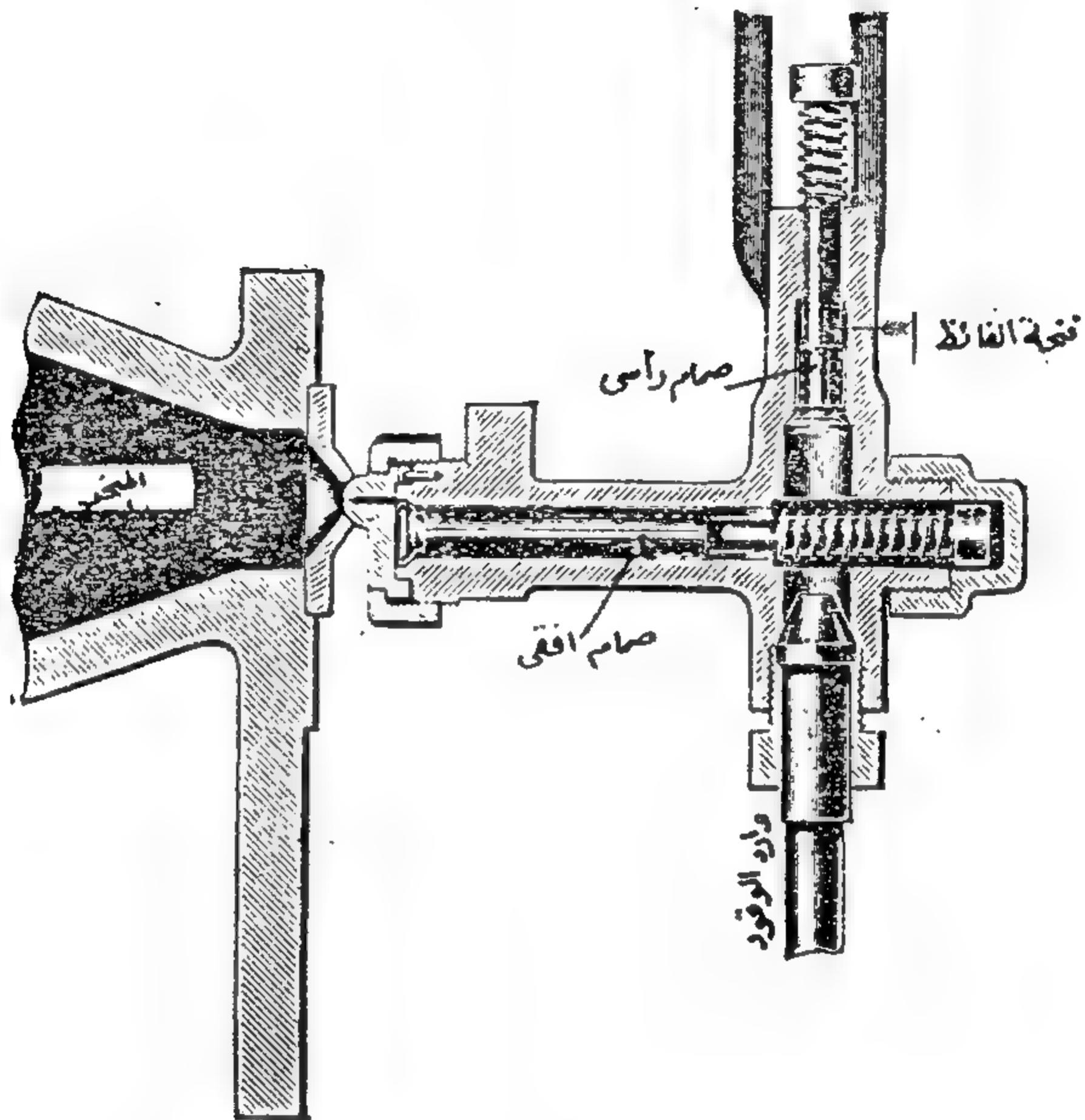
الى حرارة مرتفعة لتبخيره وجعله صالحاً للاحتراق التام ففي محرك هورنسي تحقن كمية من البترول في حيز خاص يسمى المبخر ملحق بخزنة الاحتراق في رأس الاسطوانة ويحفظ على درجة حرارة عالية بأغفال تبريده بالماء (شكل ٩٦) . وعند بدء الحركة يسخن المبخر من الخارج بواسطة بوري بترولي . ويدار المحرك باليد حتى تبتدي الحركة بأنظام وبعد ذلك يمكن الاستغناء عن البوري



شكل ٩٦ - قطاع طولى في محرك هورنسي

أذ يحفظ المبخر على درجة حرارة كافية لتبخير البترول من توالي الاحتراق الداخلي للشحنة أثناء السير . ويحقن الوقود الى المبخر بواسطة طلمبة كابسة يرد لها البترول من حوض خاص داخل فرش المحرك ويضغط الى الرشاش الممين (بشكل ٩٧) حيث ينفذ الوقود من ثقب رفيع الى المبخر مارا بالصمام الافقي الذي يفتح بضغط شحنة الوقود . أما الصمام الرأسى فيخاص بتنظيم كمية الوقود الداخلة للمحرك أذ يضغط على رأس هذا الصمام رافعة مرفقيه متصلة بالحاكم فاذا زادت سرعة المحرك (اذا خفف عليه الحمل) تضغط الرافعة المذكورة على الصمام فيفتح . وينفذ منه جزء من شحنة الوقود تعود الى الحوض وتختلف نسبة هذا الفائض الى

كمية الوارد من الطلمبة بحسب الحمل الواقع على المحرك . ويستهلك هذا المحرك ما يتراوح بين ١٦٠ و ٢٠٠ جراما من البترول النظيف في كل حصان ساعة من الطاقة فاذا كانت الصفيحة تحتوي على ١٥ كيلو جراماً من الكيروسين وثمانها ١٠٠ مايا يكون ثمن الوقود المستهلك لكل حصان ساعة ١,٣٣ مليم على أكثر تقدير .



شكل ٩٧ - رشاش البترول في محرك هورنسبي

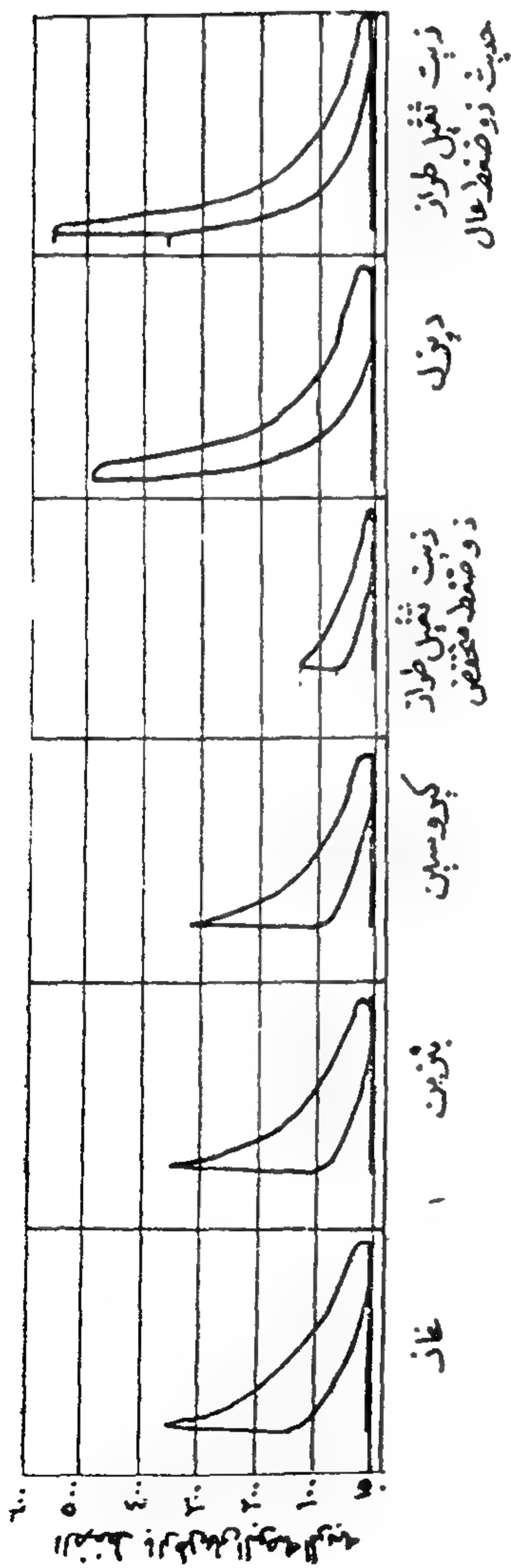
وفي نوع آخر من هذه المحركات يستغنى عن التسخين الابتدائي للمبخر بتشغيل المحرك بالبنزين ويشعل بواسطة شرارة كهربائية لمدة وجيزة بعد بدء الحركة حتى ترتفع حرارة المبخر الى الدرجة الكافية لاشعال الكيروسين وحينئذ يحول ايراد وقوده الى الكيروسين وتوقف الشرارة . ولا يزال هذا النوع من المحركات مستعملا في ادارة مولدات التيار الكهربائي الصغيره المستعملة لانهارة المنازل في القرى والضواحي التي لا يصل اليها تيار المدن .

٩٨ - يتضح مما سبق أن محركات الغاز والبنزين والكيروسين تشتغل أما على دورة أتو الرباعية الاشواط أو دورة كلارك الثنائية الاشواط بمعنى أن الشحنة

الواردة للاسطوانة في كل دورة هي عبارة عن مخلوط قابل للاشتعال من الوقود والهواء أما فيما يلي من أنواع المحركات فيشتغل على دورة ديزل الرباعية أو الثنائية الاشواط أي ان الشحنة تكون من الهواء فقط ويرد الوقود للاسطوانة عند نهاية شوط الانضغاط كما انها تستعمل زيت البترول الثقيل اي الذي تتراوح

كثافته من ٠,٩٢ الى ١,٢ (وليس ما يمنع استعمال الزيوت الاقل كثافة من ذلك سوى ارتفاع ثقلها بالنسبة للزيوت الثقيلة).

وتختلف انواع هذه المحركات عن بعضها في درجة الانضغاط وطريقة الاشعال ففي النوع الاول لا يزيد ضغط الهواء في نهاية شوط الانضغاط عن ثمانية أجواء وفي النوع الثاني ٢٤ جوا وفي الثالث أي محركات ديزل تختلف فيها درجة الانضغاط بين ٤٥/٣٣ جوا وقد شاع تسمية النوعين الاولين بمحركات نصف ديزل لمشابتها لمحركات ديزل في حقن الوقود عند نهاية شوط الانضغاط . وهناك وجه اختلاف آخر بين محركات البنزين والكيروسين ومحركات الزيت الثقيل بأنواعها وهو ضرورة ايراد الوقود في الحالة الاولى بهيئة غاز وأما في الحالة الثانية فيكفي فيها بذرية الوقود مع احتفاظه بطبيعته السائلة لذلك كان

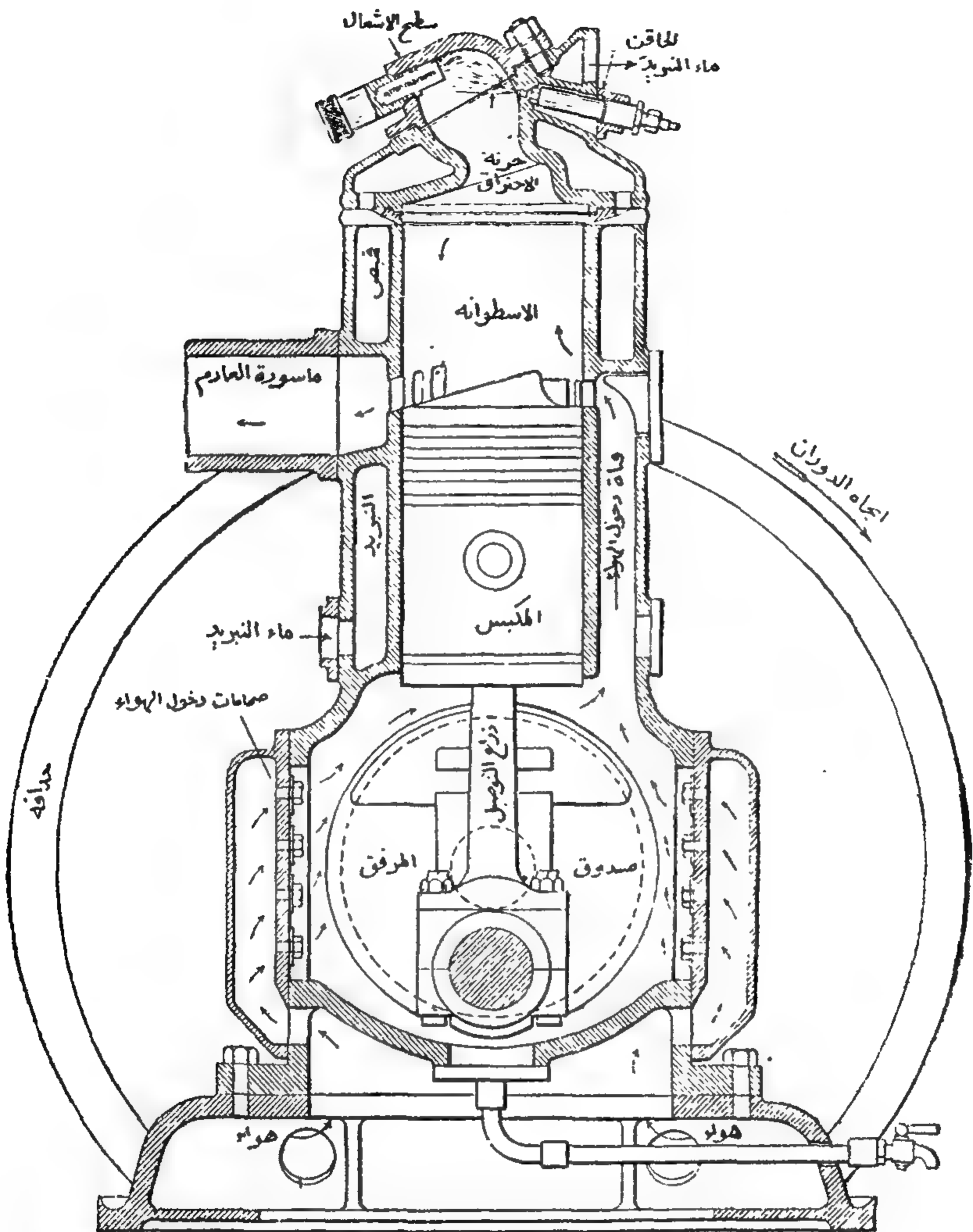


الاحترق في الحالة الثانية بطيئاً بالنسبة للحالة الاولى التي يكون فيها اشتعال

الوقود اقرب الى الفرقعة منه الى الاحتراق البطيء نسبياً. وشكل ٩٨ يبين بمقياس رسم واحد المنحنيات البيانية لحركات الاحتراق الداخلي المختلفة يظهر من مقارنتها ببعضها تباين مدى الانضغاط في كل منها والضغط المترتبة على احتراق أو فرقعة الشحنة والزمن النسبي الذي يستغرقه احتراق الوقود.

٩٩ - محركات الزيت الثقيل ذات الانضغاط المنخفض - هي أبسط

أنواع المحركات التي يحقن فيها الوقود عند نهاية شوط كبس شحنة الهواء غير أنها تعتمد في أشغال الوقود على ملاسته لجزء من سطح خزانة الاحتراق يحفظ على درجة حرارة عالية بواسطة بوري يسلط لهيبه على هذا الجزء من الخارج عند بدء الحركة وبما يخزنه هذا الجزء من الحرارة الناتجة من احتراق الوقود في الدورات المتعاقبة ولذلك فلا يبرد هذا الجزء بالماء كباقي جدران الاسطوانة وشكل ٩٩ يبين احد انواع هذه المحركات وهو من صنع شركة بتر* ويشغل على نظام الدورة الثنائية الاشواط وهو أبسط انواع محركات الزيت الثقيل تركيباً لخلوه من الصمامات كما انه لا يحتاج الى عناية كبيرة أو مهارة خاصة لادارته وفوق ذلك فهو يعمر كثيراً لانخفاض الضغوط المستعملة فيه. ولهذه المزايا التي يشترك فيها جميع المحركات التي تشتغل على هذا النظام قد شاع استعماله في مصر لادارة طلمبات الري الصغيرة في الارياض حيث لا تتوفر العناية بالمحركات ووسائل صيانتها من العطب. غير انه لقلة جودة هذه المحركات بالنسبة لمحركات ديزل تفضل الأخيرة في توليد القدرات الكبيرة لانه لا تارة المدن وللمآرب الصناعية الأخرى. ولا يصعب على القاريء تفهم طريقة عمل المحرك المبين بشكل ٩٩ بمراجعة بند ٩٠ صفحة ٩٦ وما يليها غير أن الشحنة الواردة للمحرك هي من الهواء الخالص وتنضغط في الشوط العلوي الى ما لا يزيد على سبعة أجواء وبالقرب من نهاية شوط الكبس يرش زيت الوقود في اتجاه سطح الاشعال الساخن حيث يشتعل مباشرة ويرتفع الضغط الى ما يقرب من ١٥ جواً ثم يلي ذلك باقي الدورة وتنضغط كمية الوقود اللازمة في كل دورة بواسطة طلمبة كابسة يحرك مكبسها كما



شكل ٩٩ - محرك بتر المنخفض الضغط ذو الدوران الثنائية

مركبا على عامود إدارة المحرك وتنظم كمية الوقود لتتناسب مع الحمل الواقع على المحرك بتغيير شوط الطلمبة بواسطة تعشيق مناسبة تستمد حركتها من الحاكم .

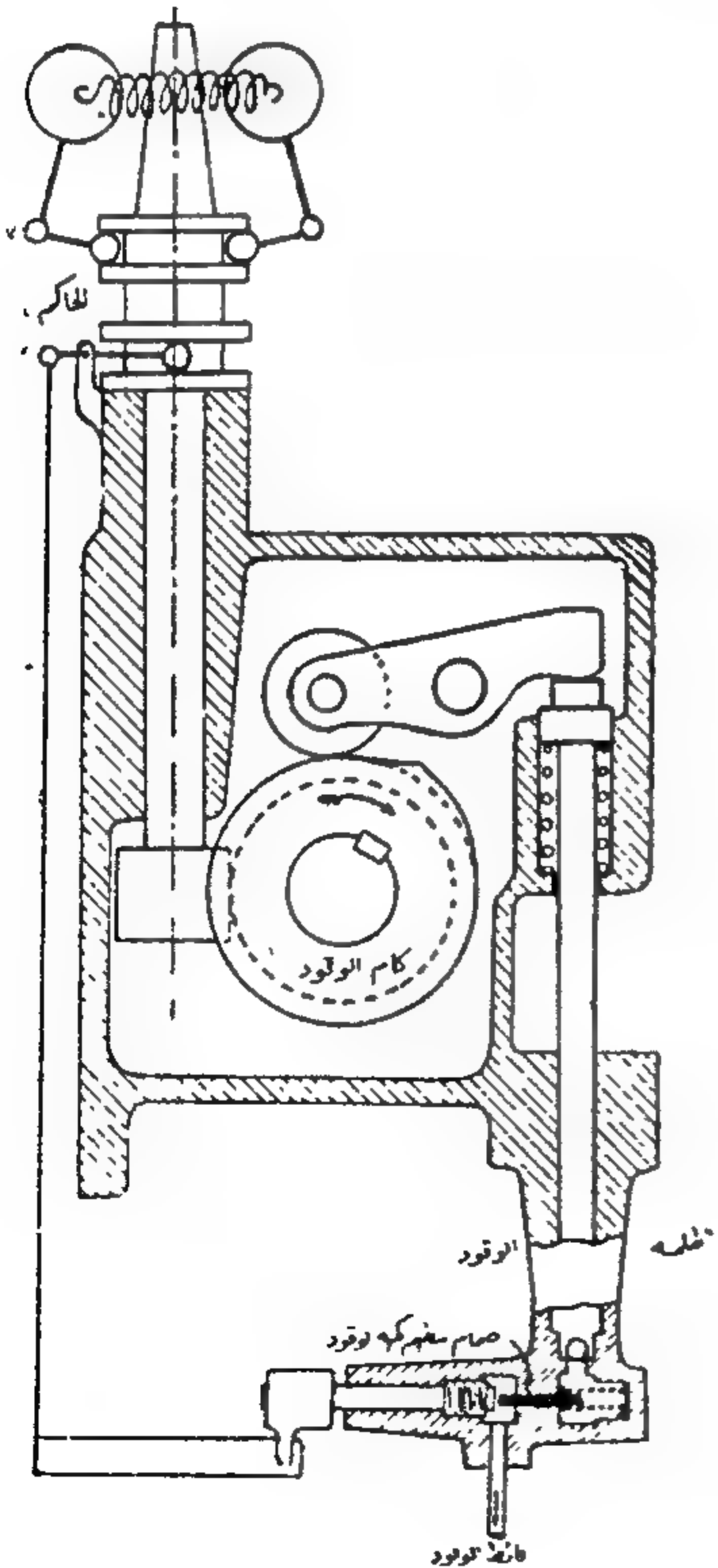
١٠٠ - محركات الزيت الثقيل ذات الضغوط العالية - يختلف هذا

النوع من المحركات عن النوع السابق في أن هواء الشحنة يضغط الى درجة مرتفعة ولكنها أقل منها في محركات ديزل أى نحوا من ٢٥ جوا . ولذلك فيمكن

خزنة الاحتراق استبدل الكيروسين بالزيت الثقيل والاشكال من ١٠٠ الى ١٠٢ تبين بعض تفاصيل لمركات من هذا النوع فشكل ١٠٠ قطاع رأسى في محرك تانجى وشكل ١٠١ يبين نظام ايراد زيت الوقود وتنظيم كميته لتناسب مع الحمل بواسطة الحاكم في محرك تانجى المذكور وشكل ١٠٢ يبين دورة زيت الوقود بما في ذلك تنظيم كميته بواسطة الحاكم في محرك كروسلي وفي كلا الحالتين شوط طلمبة الوقود ثابت ولكن كمية الوقود المغذاة بالطلمبة لا تصل بأكامها للرشاش بل يعمل الحاكم على إعادة جزء منها الى حوض الوقود ويختلف مقداره بحسب الحمل الواقع على المحرك فكلما خف الحمل كلما زادت كمية الزيت المعادة للحوض والعكس بالعكس وتم هذه العملية في نظام تانجى في نفس طلمبة تغذية الوقود بأن يدير الحاكم بواسطة روافع خاصة مسبارا يضغط على صمام في حين الطرد في

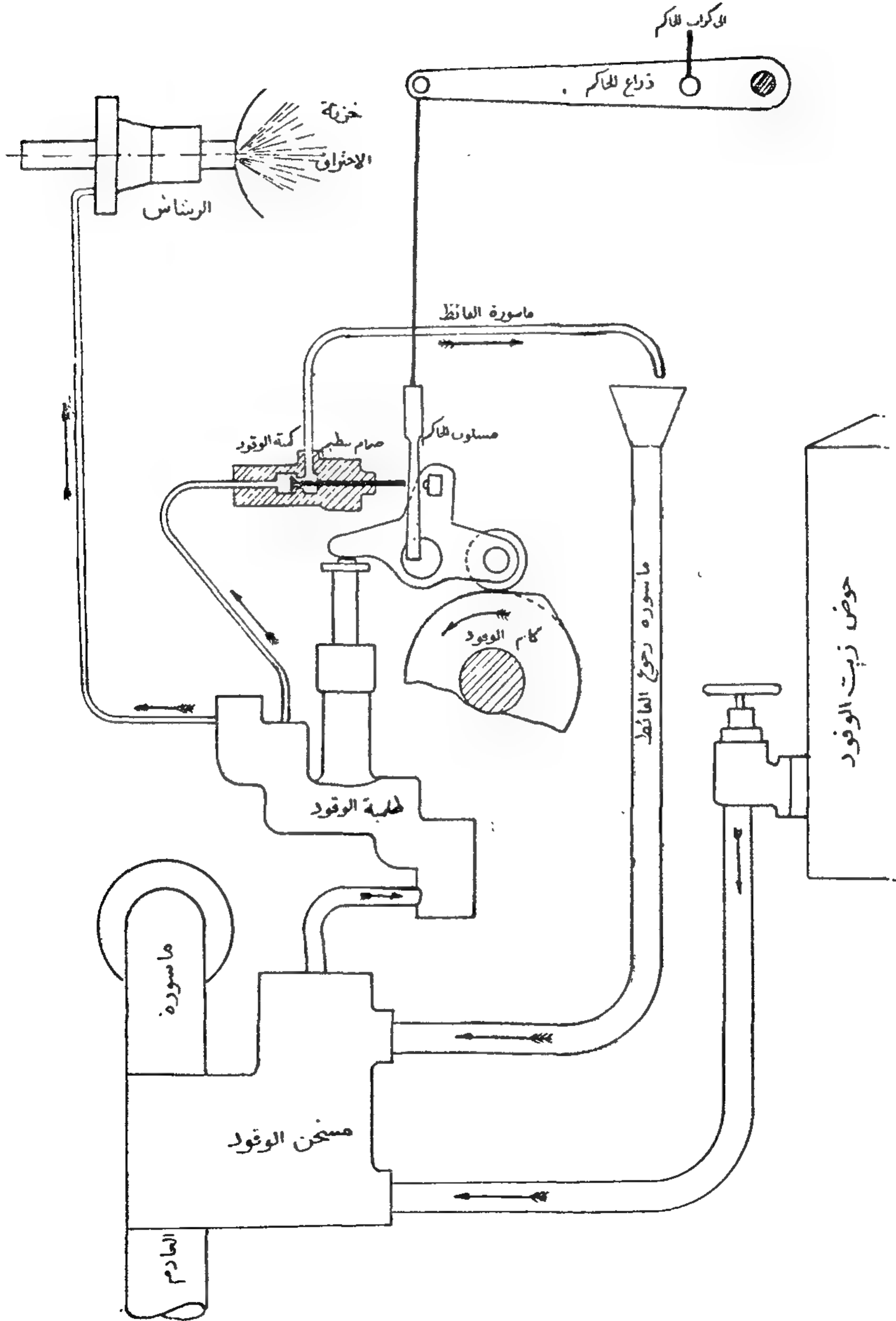
الطلمبة . وفتحة هذا الصمام تناسب عكسياً مع الحمل الواقع على المحرك

وأما في نظام كروسلي فللزيت المغذي ماسورتان احدهما متصل بالرشاش والاخرى بصمام التنظيم وتتغير فتحة هذا الصمام بتغيير وضع المسلوب المتصل بذراع الحاكم . وهذا المسلوب يعترض مسباراً يستمد حركته من نفس الرافعة المحركة لمكبس طلمبة الوقود فاذا كان الحمل على المحرك كاملاً انخفض المسلوب حتى أصبح جزؤه المستدق بين المسبار المتحرك وساق صمام التنظيم وضاعت حركة



شكل ١٠١ - نظام تغذية الوقود في محرك تانجى.

المسبار هباء وبذلك تصل شحنة الوقود بأكملها للرشاش وأما إذا كان الحمل على المحرك خفيفا ارتفع المسلوب حتى اعترض طرفه السميكة حركة المسبار ونقلت هذه



شكل ١٠٢ - نظام دورة زيت الوقود في محرك كروسلي

الحركة بأكامها لصمام التنظيم وبذلك تتحول نسبة كبيرة من شحنة الوقود الى ماسورة الفائض ولا يصل للرشاش الا مقداراً قليلاً مناسباً للحمل الخفيف على المحرك
١٠١ - محركات ديزل - تميز دورة محركات ديزل عن دورات محركات الزيت الثقيل الاخرى بأمرين :-

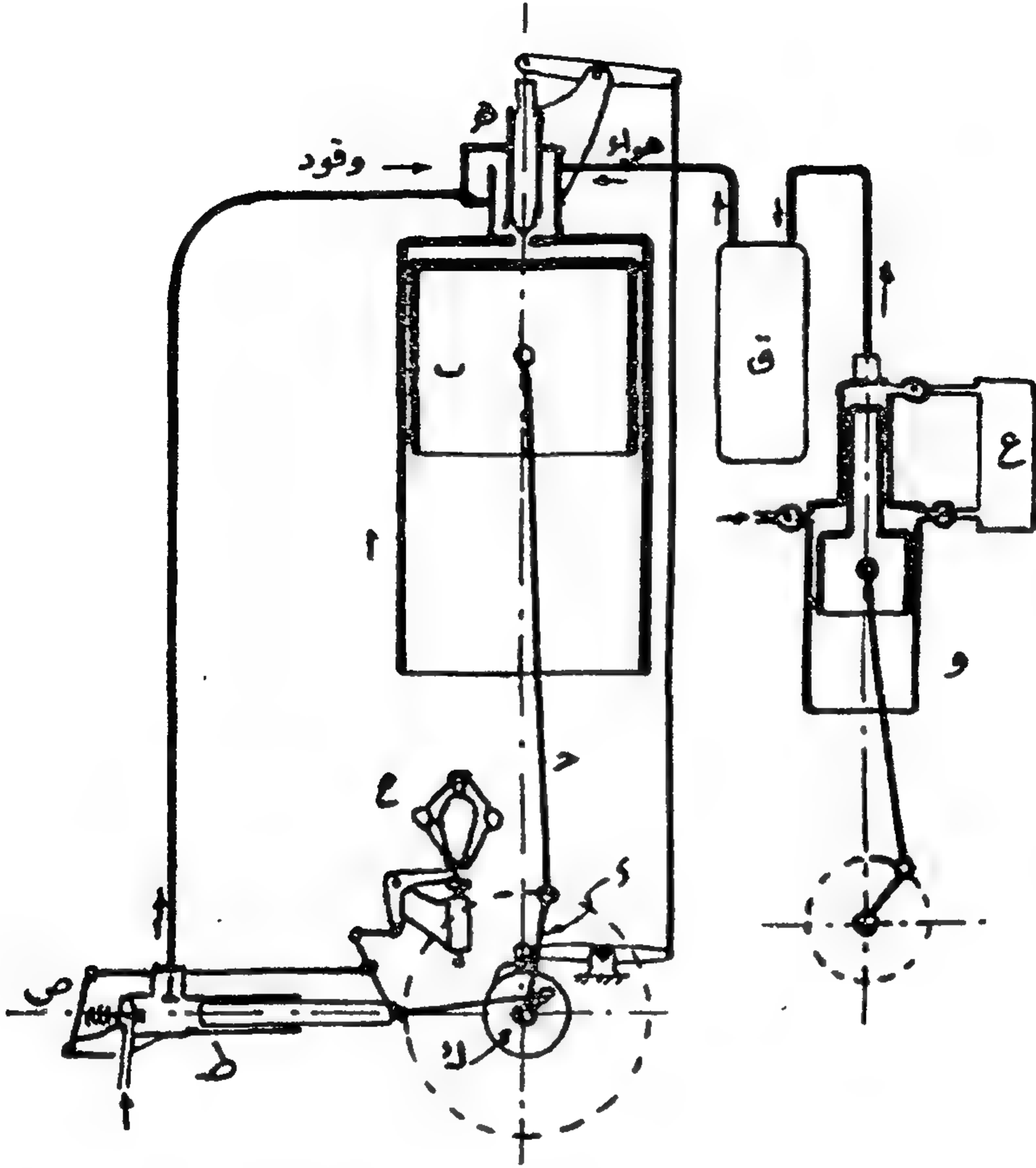
(١) ان انضغاط الهواء يصل الى درجة مرتفعه تكفي لاشعال الوقود اثناء تغذيته

(٢) أن يبدأ بحقن الوقود عند نهاية شوط الانضغاط ويستمر حقن الوقود بالمعدل الذي يحفظ الضغط ثابتاً داخل الاسطوانه اثناء حركة المكبس في شوط التشغيل الى حد ما يتوقف على الحمل الواقع على المحرك وأقصى نسبة لهذا الحد هو $\frac{1}{8}$ من شوط التشغيل ومن ثم تتمدد نواتج الاحتراق الى نهاية الشوط . ويمكن تقسيم محركات ديزل الى قسمين حسب الدورة التي تشتغل عليها فمنها ما هو رباعي الاشواط ومنها ما هو ثنائي الاشواط وقد سبق شرح الدورتين في بند ٩٢ صفحة ٩٨ وما يابها . كما أنه يمكن تقسيمها الى ما هو مفرد وما هو مزدوج الفعل . ولا تصنع محركات ديزل مزدوجة الفعل الا للقدرات العظيمة ويمكن أيضاً تقسيم محركات ديزل الى قسمين بالنسبة للطريقة المستعملة في حقن الوقود فالقسم الاول منها ما يستعمل الهواء المضغوط لهذا الحقن والثاني ما يكون فيه الحقن مباشراً أي بدون وساطة الهواء المضغوط والقسم الاخير هو أحدث أنواع محركات ديزل ولم يمض على ابتكاره واستعماله الزمن الكافي لاقتناع الرأي العام بأفضاليته على محركات ديزل ذات الحقن الهوائي .

١٠٢ - محركات ديزل ذات الحقن الهوائي - لا يختلف محرك ديزل

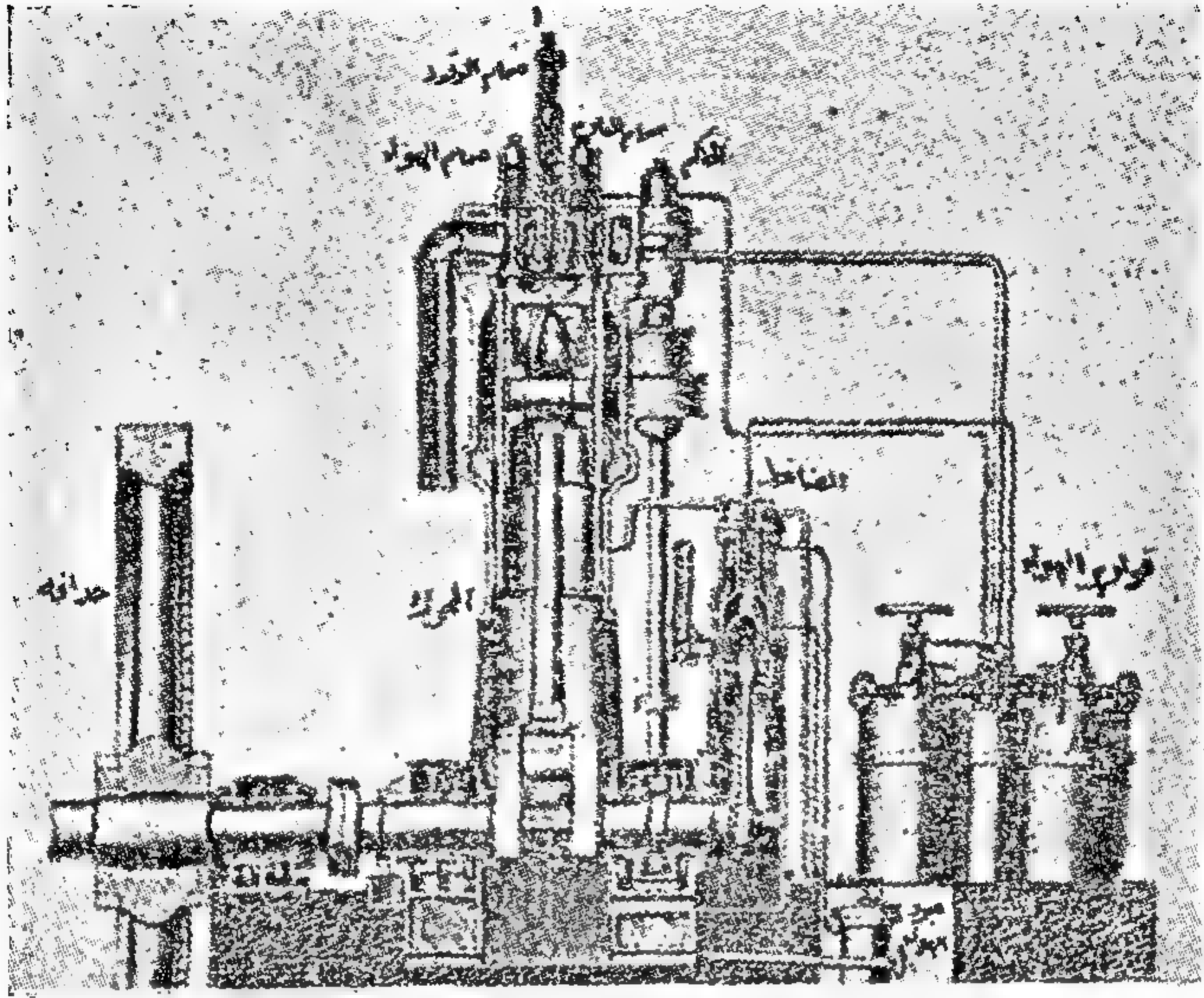
عن باقي محركات الاحتراق الداخلي في تفاصيل أجزائه الا فيما يقتضيه نظام حقن الوقود من أجهزه غير أن أجزاء محرك ديزل تمتاز بخصامتها عن مثيلاتها في المحركات الاخرى المساوية لها في القدرة وسرعة الدوران وذلك لعلو الضغوط والنبوى المؤثره على هذه الاجزاء اذ بينما لا يزيد اقصى ضغط في محرك غازي

مثلاً عن ثلاثين جو على السنتيمتر المربع يصل أقصى ضغط في محرك ديزل الى خمسين في الاحوال الاعتيادية والى مائة جو عندما يحدث « سبق احتراق » والاشكال من ١٠٣ الى ١٠٨ تبين طريقة عمل محرك ديزل ذو حقن هوائي . فشكل ١٠٣ يبين بطريقة تخطيطية نظام دورة الوقود وهواء الحقن في المحرك . فيضغط الهواء اللازم للحقن بواسطة ضاغط مثبت أما رأسياً أو أفقياً في فرش المحرك ويستمد حركته من عامود ادارة المحرك نفسه وحيث أن حقن الوقود يتبدى عند نهاية انضغاط الهواء أي عندما يكون الضغط داخل الاسطوانة من ٣٥ الى ٤٥ كج على السنتيمتر المربع لذلك يجب أن يكون الهواء الحاقن للوقود على ضغط أعلا من ذلك أولاً للتغلب على الضغط الداخلي في الاسطوانة وثانياً للتغلب على المقاومة الناشئة من نظام التذرية المتبع في صمام الوقود والواقع أن ضغط الهواء الحاقن لا يقل عن ٦٠ كج على السنتيمتر المربع ويضغط الهواء الى هذا المدى على عدة مراحل يبرد الهواء بين المرحلة والاخرى في مبردات مائه خاصة ولو ان عدد هذه المراحل يختلف من اثنين الى أربعة الا أنه دلت التجارب الحديثة على أفضلية الضواغط ذات الثلاث مراحل . وفي بعض أنواع محركات ديزل المتعددة الاسطوانات يدار ضاغط الهواء بمحرك منفصل . وللهواء المضغوط استعمال آخر غير حقن الوقود وهو بدء الحركة لذلك تخزن كمية من هذا الهواء في قوارير خاصة تصنع بحيث يمكنها تحمل ضغط داخلي مقداره ٧٠ كج على السنتيمتر المربع ومن السعه بحيث تكفي لتكرار بدء الحركة مئتي وثلاث . ويستعمل هذا الهواء المخزون في بدء الحركة كما لو كان بخاراً لذلك يجهز المحرك بصمام خاص لبدء الحركة يستمد حركته من عامود السكومات بحيث يدخل الهواء المضغوط الى الاسطوانة في الوقت المناسب ويقطع ايراده عند منتصف الشوط وفي اثناء هذه العملية تتخذ الاحتياطات لمنع ايراد زيت الوقود ومتى وصلت سرعة المحرك الى درجة مناسبة يقطع ايراد الهواء ويسمح للوقود بالنفاذ الى الاسطوانة وتجهز القوارير بصمامات أمن وحنفيات للتصفية . الاولى لتجنب زيادة الضغط الداخلي عن حد الامن والثانية لتصفية رذاذ الماء والزيت الذي يصحب الهواء

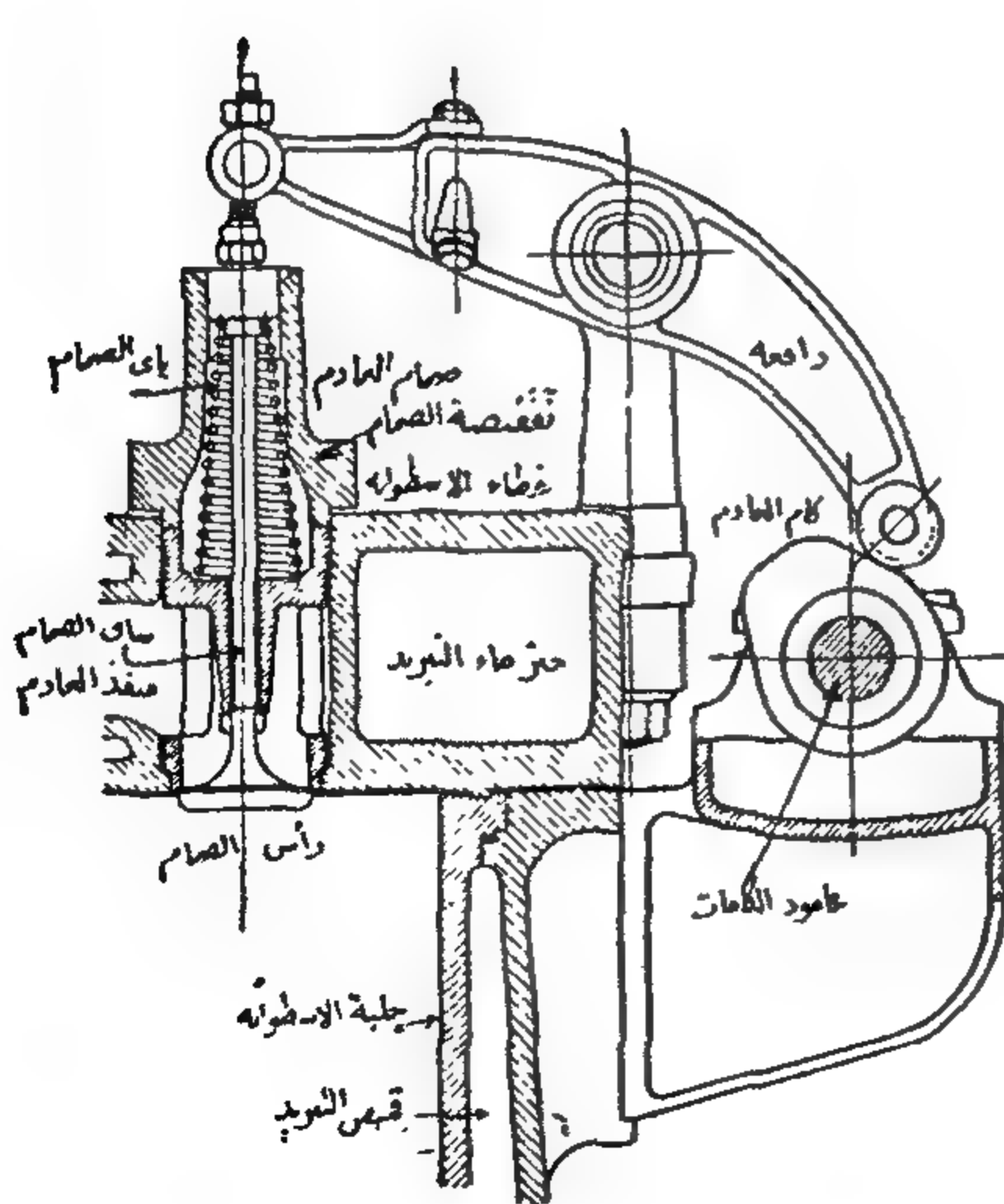


شكل ١٠٣ - نظام عمل محرك ديزل ذو حقن هوائى

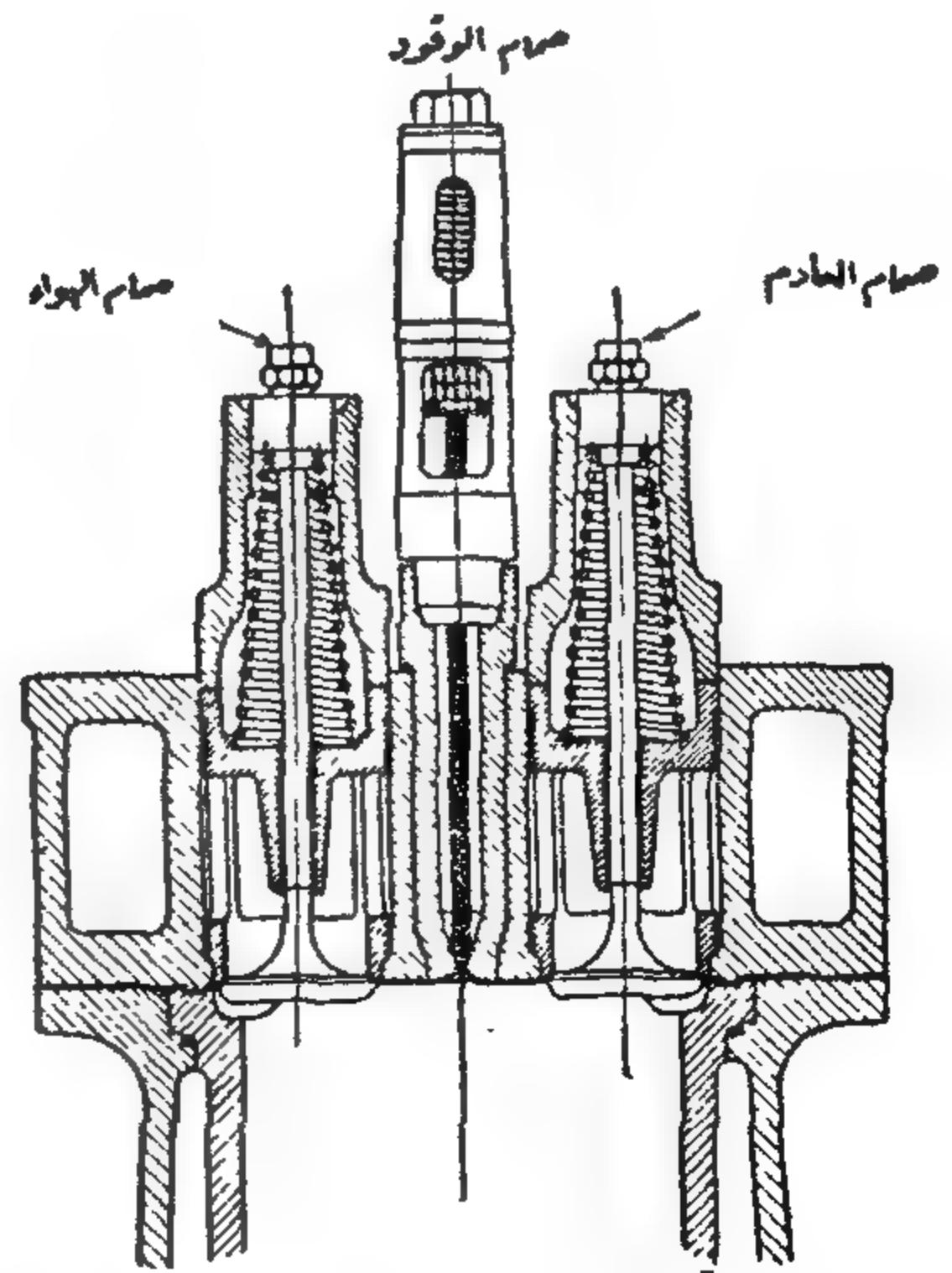
- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| ١ - اسطوانة المحرك | و - ضاغط هواء ذو مرحلتين |
| ب - مكبس المحرك | ع - مبرد الهواء |
| ج - ذراع توصيل المحرك | هـ - قارورة تخزين الهواء |
| د - مرفق المحرك | ط - طلمبة الوقود |
| هـ - صمام حقن الوقود | س - صمام سحب طلمبة الوقود |
| ز - الحاكم | ك - كام صمام الحقن |



شكل ١٠٤ - قطاع رأسى في محرك ديزل رباعي الاشواط ذو حقن هوائي



شكل ١٠٦ - نظام حركة صمام العادم

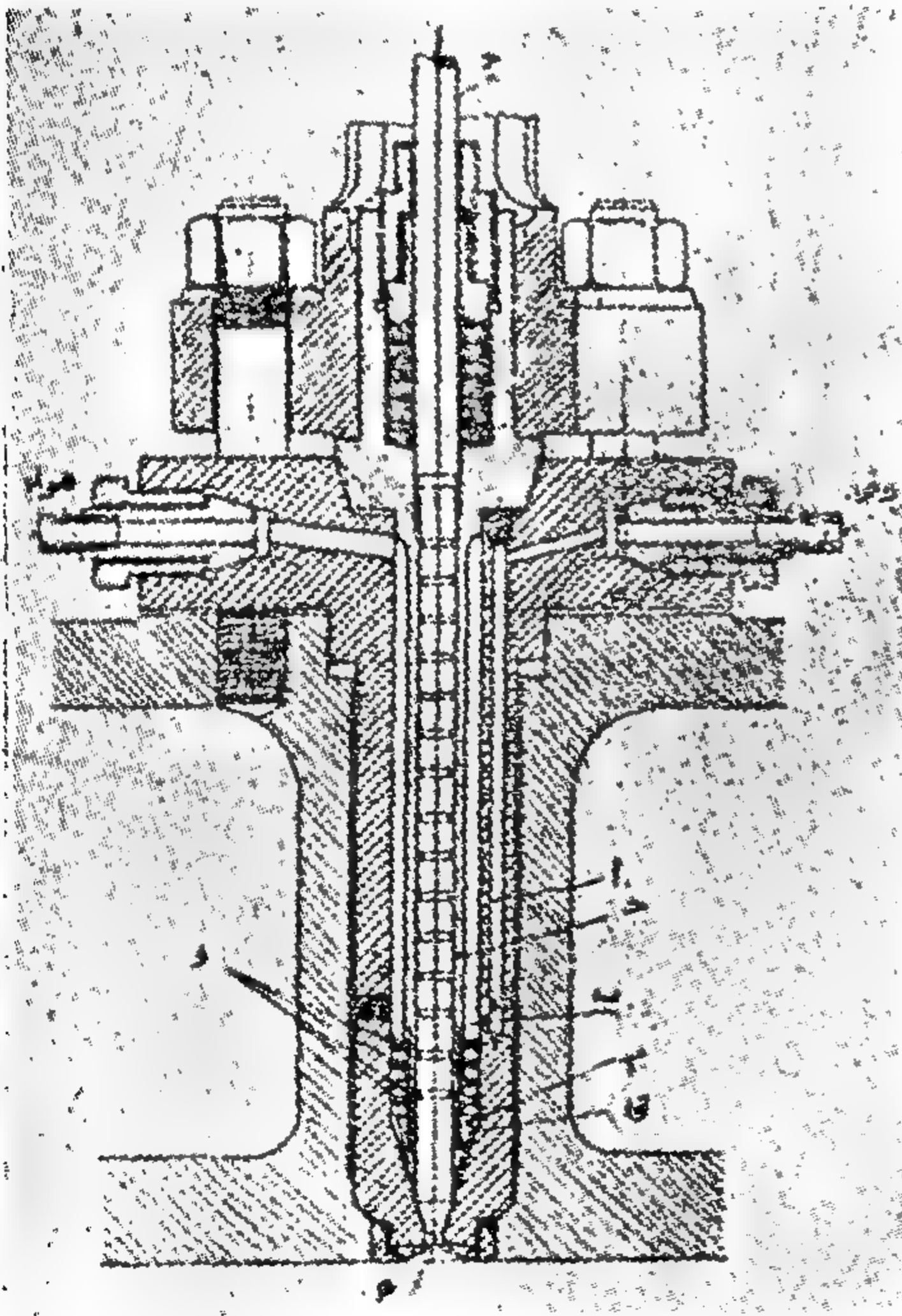


شكل ١٠٥ - غطاء اسطوانة محرك ديزل بما فيه من صمامات

المضغوط من الضاغط ويرسب في القوارير . وتملأ القوارير بعد بدء الحركة مباشرة من الهواء المضغوط الزائد عن حاجة حقن الوقود الى أن يصل الضغط فيها الى الحد المقرر وبعد ذلك تنظم كمية الهواء الوارده من الضاغط بحيث تكفى لحقن الوقود فقط بواسطة ضبط صمام السحب في المرحلة الاولى للضاغط

١٠٣ - حقن الوقود : تستوي المحركات ذات الدورة الرباعية وذات

الدورة الثنائية في طريقة وتوقيت حقن الوقود . أذ ينفتح صمام الوقود من ثلاث



الى سبع درجات قبل نهاية

شوط الكبس ويقفل بعد

ابتداء الشوط الثاني بما يقرب

من ٣٥° ويتوقف هذا

الموعد في بعض أنواع

المحركات على الحمل الواقع

على المحرك . وشكل ١٠٧

يبين طرازاً شائعاً لصمام

حقن الوقود بالهواء المضغوط

فترد كمية محدودة من زيت

الوقود من طلمبه خاصه تمر

من خلال القناه (أ) الى

الفراغ الحلقى (ب) ضد

ضغط هواء الحقن اذ أن

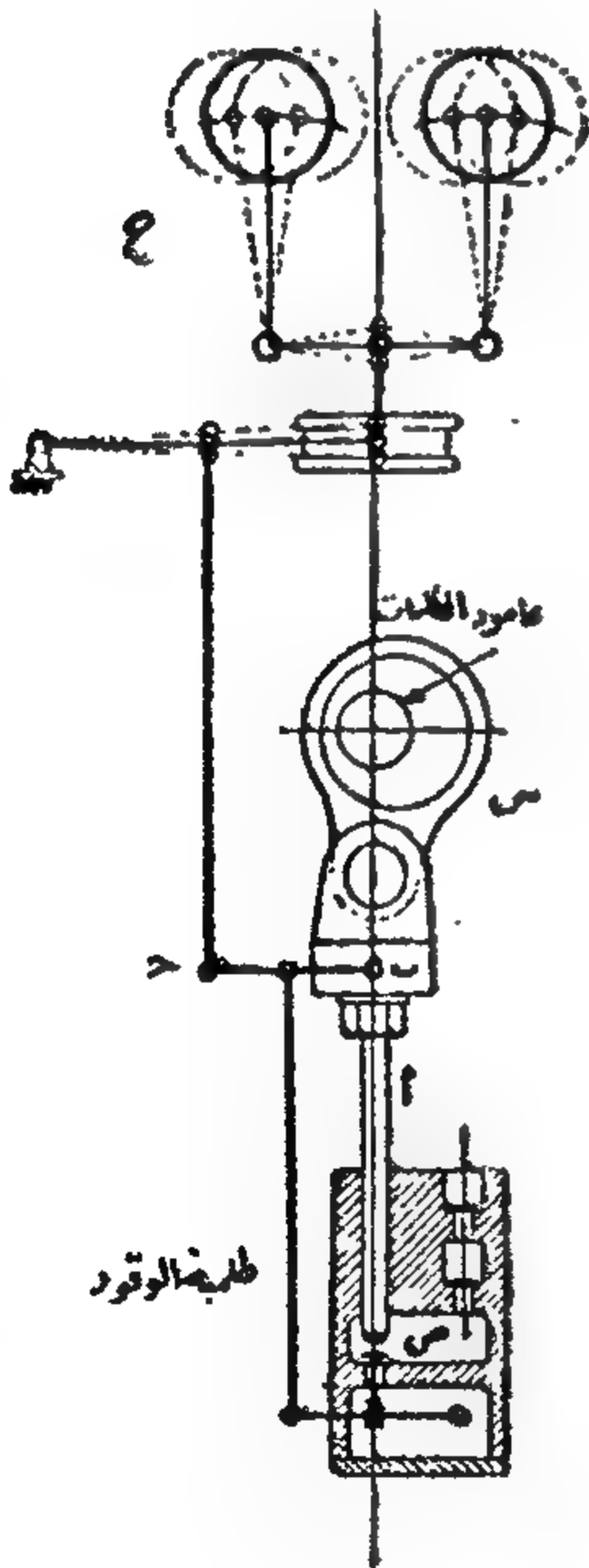
هذا الفراغ دائم الاتصال

شكل ١٠٧ - صمام حقن الوقود في محرك ديزل ذو حقن هوائي

بقارورة الهواء المضغوط اثناء دوران المحرك وفي اللحظة المعينه ينفتح الصمام (ح) بتأثير الكام الخاص به ويحقن الوقود بضغط الهواء من ورائه من خلال أقراص

التذرية (ى) والقنوات الحلزونية (ن) والفوهة (هـ) الى الاسطوانة بشكل رذاذ رفيع . والغرض الحقيقي من أقراص التذرية والقنوات الحلزونية في الصامولة (م) هو خلط الزيت بالهواء خلطا تاما وذلك بفرش الزيت على أكبر مساحة ممكنة وتعريضه لتيار الهواء المضغوط . والعامل الوحيد على تذرية الوقود هو ثقب الفوهة (هـ) . ويتوقف على المقاومة الناشئة من الاقراص والقنوات وثقب الفوهة مجتمعة معدل نفاذ الزيت الى الاسطوانة وبالتالي سرعة الاحتراق التي يتوقف عليها ثبات الضغط المطلوب في دورة ديزل الحرارية ويختلف مدى ارتفاع ساق الصمام من ١,٥ ملليمتر في المحركات الصغيرة الى ست ملليمترات في المحركات الكبيرة .

١٠٤ - تنظيم كمية الوقود - تنظيم كمية الوقود الواردة من الطلمبة الى صمام

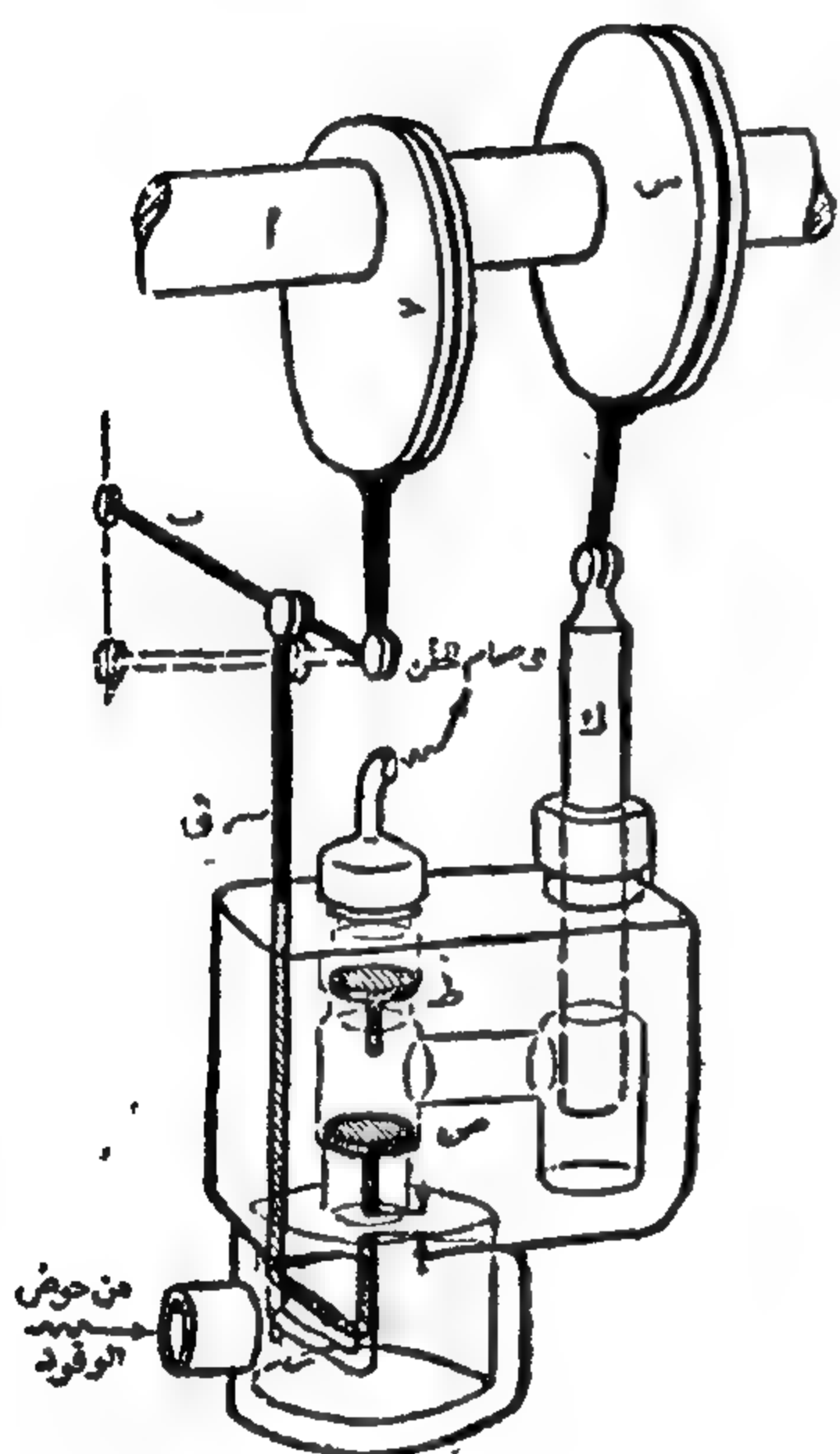


الحقن بطرق متعددة فمنها ما كان أساسه تغيير طول شوط طلمبة الوقود ومنها ما يعمل على تغيير موعد غلق صمام السحب في الطلمبة ومنها ما تكون نظريته إعادة جزء من كمية الوقود الواردة من الطلمبة قبل نفاذها الى صمام الحقن بجهاز مستقل وهلم جرا وفي جميع الانظمة يكون الحاكم هو العامل الاساسى على تنظيم كمية الوقود لتتناسب مع الحمل الواقع على المحرك (وشكل ١٠٨) يبين النظام المتبع في محرك «دويتس» حيث يستمد كابس الطلمبة (أ) حركته من عامود الكامات بواسطة أ كسنترك (س) ويتحكم في توقيت فتح صمام السحب (م) تعشيقه مفصلية متصلة بالكابس عند (ب) من جهة وبالحاكم (ج) من جهة أخرى عند (هـ) فعند الوضع المناظر للحمل الكامل على المحرك يفتح ويغلق صمام السحب عند نهايتي

شكل ١٠٨ - طريقة تنظيم كمية الوقود في محرك ديزل

شوط السحب في الطلمبة ولكن عند الاحمال الخفيفة ترتفع النقطة (ح) بتأثير الحماكم وبذلك يتأخر غلق الصمام فيرتب على ذلك عودة جزء من الزيت المسحوب أثناء شوط كبس الطلمبة (وشكل ١٠٩) يبين بطريقة أوضح نظام عمل الطلمبة وكيفية تنظيم كمية الوقود التي تغذيها الى صمام الحقن لتناسب مع الحمل

وفيه يرى كابس الطالبة « ك » يستمد
حركته من أكسنترك أو مرفق صغير
« س » مثبت بعمود الكلمات « أ » وشوط
الكابس في هذه الحالة ثابت الطول
وسمائي السحب والطرْد س و ط ينفثا
من تلقاء نفسيهما في الاوقات المناسبة
في كل من شوطي السحب والطرْد ولكن
هناك رافعة « ر » متصلة بالحاكم عن
طريق الساق « ن » والرافعة « ب »
وتستمد الرافعة ب حركة ترددية من
أكسنترك « ح » مثبت بعمود الكلمات
أيضاً . وحركة الرافعة ر متفقة وحركة
الكابس عند الحمل الكامل على المحرك أما
عند الاحمال الخفيفة فتتأخر حركة



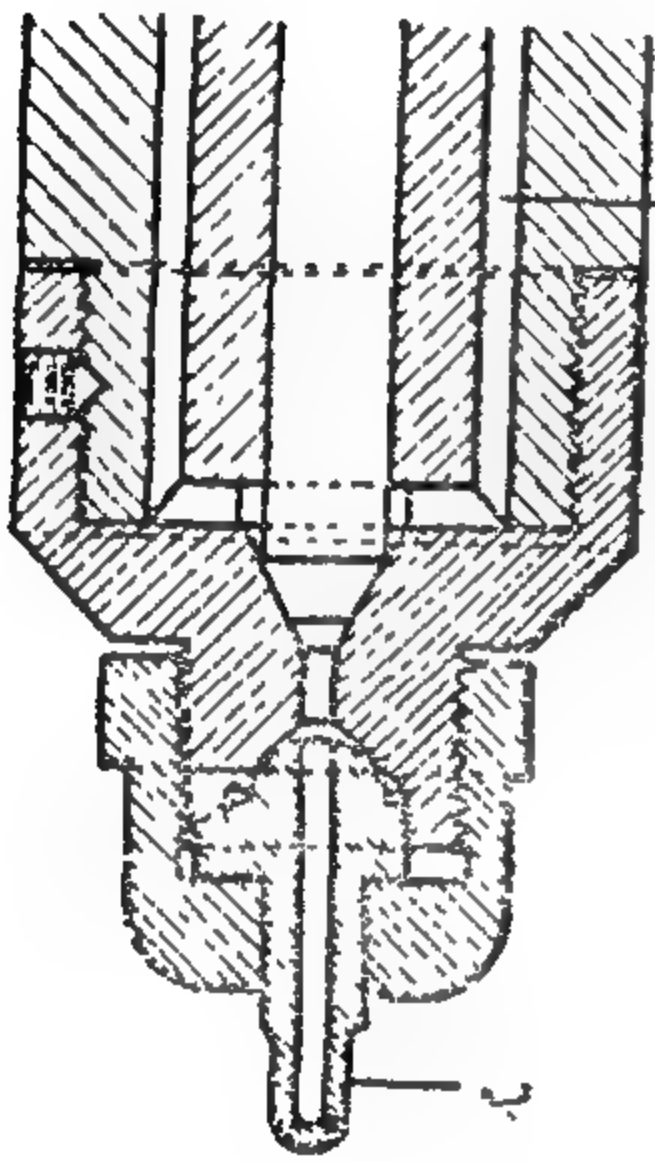
شكل ٢٠٩ - نظام طلمبة الوقود في محرك دويتس

الرافعة عن حركة الكابس وبذلك يظل صمام السحب مفتوحا لبرهة تختلف مداها باختلاف الحمل على المحرك وتعود الكمية المناسبة من زيت الوقود الى حوض التغذية بدلا من تفاعها الى صمام الوقود .

١٠٥ - الحقن بالقوة - تختلف هذه الطريقة عن طريقة حقن الوقود بالهواء المضغوط في أنها تعتمد على ضغط الزيت نفسه لتوفير شروط التذرية الصحيحة داخل خزانة الاحتراق وينشأ ضغط الزيت هذا بأحدى طريقتين أولها بواسطة

طلمبة خاصة تستمد حركتها من المحرك وثانيها بطريقة « الاحتراق الاولى » التي سيأتي شرحها فيما بعد .

وشكل ١١٠ يبين قطاعا في فوهة صمام لحقن الوقود بالقوة فيرد الزيت الى الحيز الحلقى « ا » على ضغط عظيم من ٣٠٠ الى ٧٠٠ كج على البوصة المربعة وترفع ابرة الصمام بنفس طريقة رفعه في الحقن الهوائى في الوقت المناسب فينفذ الزيت الى الاسطوانة من خلال ثقب رفيع « ب » بسرعة هائلة تعمل على تذريته وتتوقف كفاية هذه التذرية على عدد ووضع وأشكال



الثقوب التي ينفذ منها الزيت وعلى ضغط الزيت الوارد . وتنظم كمية الزيت أما عن طريق صمام السحب في الطلمبة أو بتغيير مدى فتحة صمام الحقن . وفي نوع آخر من هذه الصمامات يستغنى عن تعشيق فتحة الصمام كلية ويفتح الصمام بواسطة ضغط الزيت الوارد من الطلمبة وبمعنى آخر يبتدي الحقن عند ابتداء شوط الطرد في الطلمبة ويسمى هذا النوع بالحاقن الاتوماتيكي وفي كلا النوعين المذكورين يجب أن تتخذ عناية

شكل ١١٠ - فوهة صمام حقن الوقود بالقوة

فائقة لتجنب أي رشح في نظام أيراد الزيت المضغوط أذ ان أقل رشح كاف لضياح ضغط الزيت وعدم نفاذه الى الاسطوانة كما أن الضغوط الهائلة المستعملة تحم تصميا خاصا لطلمبه الزيت . لذلك تفضل طريقة الاحتراق الاولى في حقن الزيت على طريقة الحقن المباشر (وشكل ١١١) يبين محرك ديزل ذو اسطوانتين يشتغل على الدورة الثنائية الاشواط من صنع « شركة ويرذنجتون » الانجليزية ويحقن فيه الوقود بدون هواء مضغوط على طريقة الاحتراق الاولى وفي (شكل ١١٢) تفصيل لصمام حقن من هذا النوع . فيرد الزيت على ضغط أعتيادي عند ابتداء شوط الانضغاط في أسطوانة المحرك ويرسب في أسفل حيز صغير يسمى خزانة الاحتراق الاولى يتصل بخزانة الاحتراق الرئيسية بثقوب رفيعة لاتسمح

١٠٦ - مجال استعمال محركات الزيت الثقيل - ربما يتسرب الى ذهن

القاريء أن تعدد أنواع المحركات يوقعه في حيرة من حيث اختيار الاصلاح منها لتوليد القدرة ولكن الواقع أن

لكل نوع من هذه المحركات مجال خاص وظروف معينة يجعله أصلاح

من غيره للاستعمال ففي الوقت الحاضر يمكن أن يقال أنه لتوليد

القدرات التي تفوق ٤٠٠٠ حصان*

لا يوجد للطوربين البخاري مزاحم وأما للقدرات التي دون

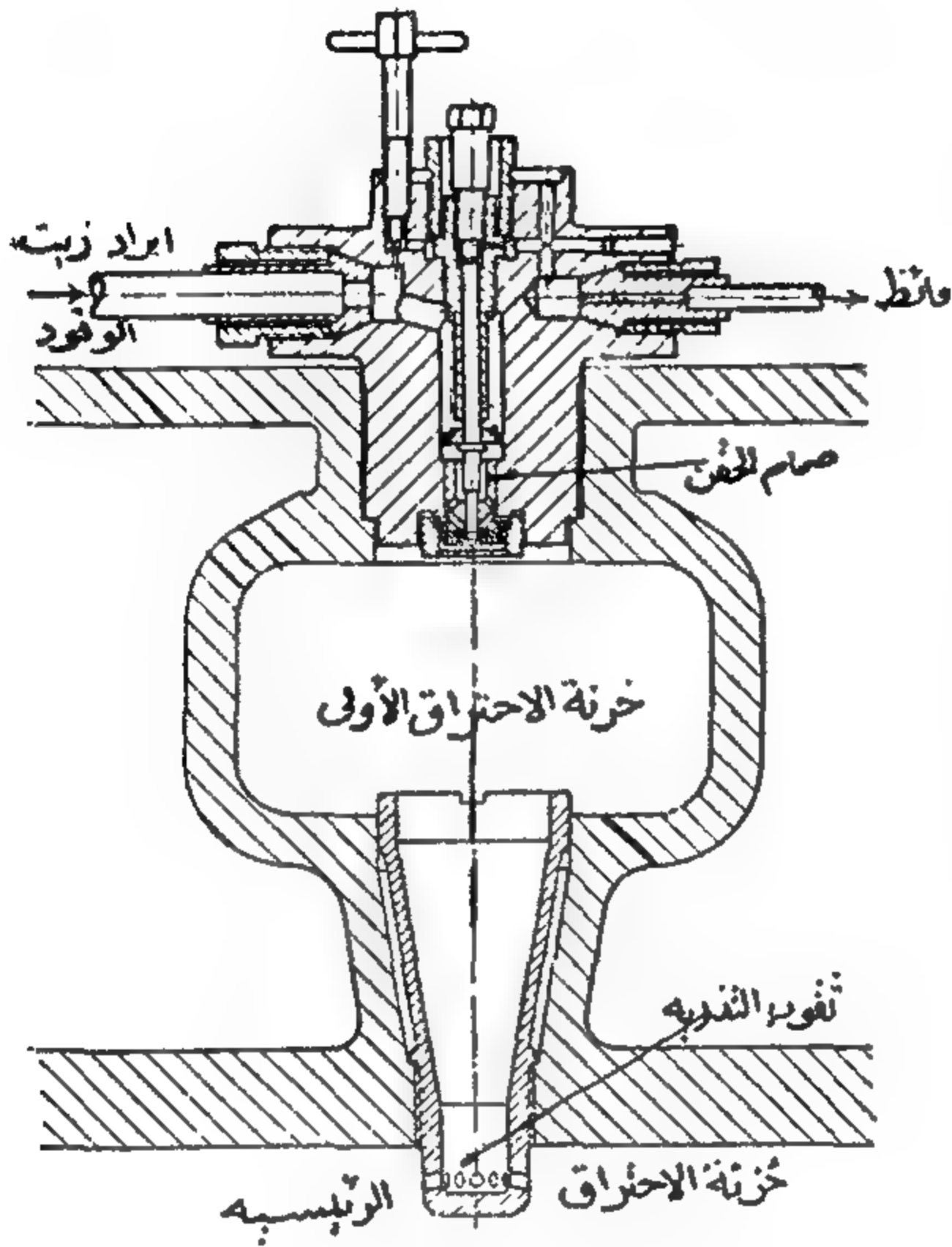
ذلك فيقع الاختيار بوجه عام على أحد أنواع محركات الاحتراق

الداخلي بحسب القدرة المطلوبة وظروف العمل ويمكن تايخيص مجال

استعمال المحركات المختلفة فيما يأتي:-

- (١) تستعمل محركات البنزين في سيارات نقل الركاب وفي الطائرات فقط .
- (٢) تستعمل محركات الكيروسين في إدارة طلمبات الري الثابتة وكثيرا ما توضع على عربات تنقل من مكان لآخر للأعمال المختلفة التي تتطلبها الشؤون الزراعية ومنشآت الري وأعمال الطرق الخ كما أنها تستعمل الآن كثيرا في سيارات نقل البضائع وسيارات النقل المشترك للركاب وهلم جرا ولا تزيد القدرات المولدة بهذه المحركات عن ثلاثين أو أربعين حصانا على الاكثر .

* اختلف المهندسون في تقدير هذا الرقم فمنهم من يفضل استعمال الطوربين في القدرات التي تفوق الـ ٢٠٠٠ حصان ومنهم من يتعدى الاربعة آلاف والواقع أن المسألة تتعلق بظروف العمل من حيث ارخص أنواع الوقود المتوفرة وكفاءة ملاحظي العمل وعوامل اخرى لا يتسع المقام لايرادها .



شكل ١١٢ - تفصيل لاصمام حقن الوقود بدون هواء

(٣) تستعمل محركات الزيت الثقيل ذات الضغوط المنخفضة عندما يكون الطلب على القدرة مستمرا وللقدرات الصغيرة التي لا تزيد عن ١٢ أو ١٥ حصانا وفي الظروف التي لا يتوفر فيها العمال ذوي الكفاءة الميكانيكية

(٤) تستعمل محركات الزيت الثقيل ذات الضغط العالي في القدرات التي تقع بين ١٢ ، ٥٠ حصانا وتحتاج في ادارتها الى قليل من العناية والخبرة .

(٥) وأما للقدرات التي تفوق ذلك فلا يوجد أصلح من محركات ديزل لاقتصادها في صرف الوقود ولو أنها تتطلب مهارة فوق المعتاد لضمان حسن سيرها وحمايتها من العطب السريع .

(٦) وتوجد ظروف خاصة لا مندوحة فيها عن استعمال المحركات البخارية أو محركات الغاز كأن يكون مكان توليد القدرة بالقرب من مصانع توليد غاز الاستصباح أو مصانع الصلب مثلا أو في مكان تتوفر فيه المخلفات الزراعية التي يمكن استعمالها في توليد البخار أو كأن يكون توليد البخار ضروريا لعمل من أعمال المصنع وهلم جرا .



الفصل الثامن

المحركات الدورانية

المحركات المائية والطوربين المائية والطوربين البخاري والمحرك الكهربائي

١٠٧ - تناول البحث في الفصول السابقة ما يسمى المحركات الترددية وقد أستعمل الوسيط المحرك لدفع مكبس داخل الاسطوانة ذهابا وعودة بحركة ترددية ومن ثم حوّلت هذه الحركة الى حركة دورانية بواسطة ذراع التوصيل والمرفق ولكنه يوجد نوع من المحركات على جانب عظيم من الاهمية وهو النوع الذي تحول فيه طاقة الوسيط الى حركة دورانية مباشرة ويمكن تقسيم هذه المحركات الى ثلاثة فروع رئيسية حسب نوع الوسيط المستعمل في ادارتها وهي :

أ - المحركات المائية وهي التي يستعمل فيها الطاقة الوضعية أو التحركية للماء
ب - الطوربينات البخارية وهي التي يستعمل فيها طاقة بخار الماء

ج - المحركات الكهربائية وهي التي يستخدم فيها الطاقة الكهربائية لادارتها .
وربما يعترض القاريء بأن محركات الفرعين الاول والاخير لا تدخل ضمن المحركات الحرارية لانه لا تظهر علاقة واضحة بين الماء والكهرباء من جهة والحرارة من جهة أخرى ولكن هذا الاعتراض مردود متى عاد القاريء الى الفصل الثاني الخاص بمنابع القدرة حيث يجد أن جميع منابع القدرة أصلها الحرارة فلو لا حرارة الشمس لما تبخرت مياه البحار والأنهار ثم تساقطت على المرتفعات ثم انحدرت الى الوديان ومن ثم توليد القدرة بالمحركات المائية كما أن الطاقة الكهربائية أصلها طاقة حرارية أستعملت بشكل بخار أو وقود في محركات أولية تدبر مولدات كهربائية .

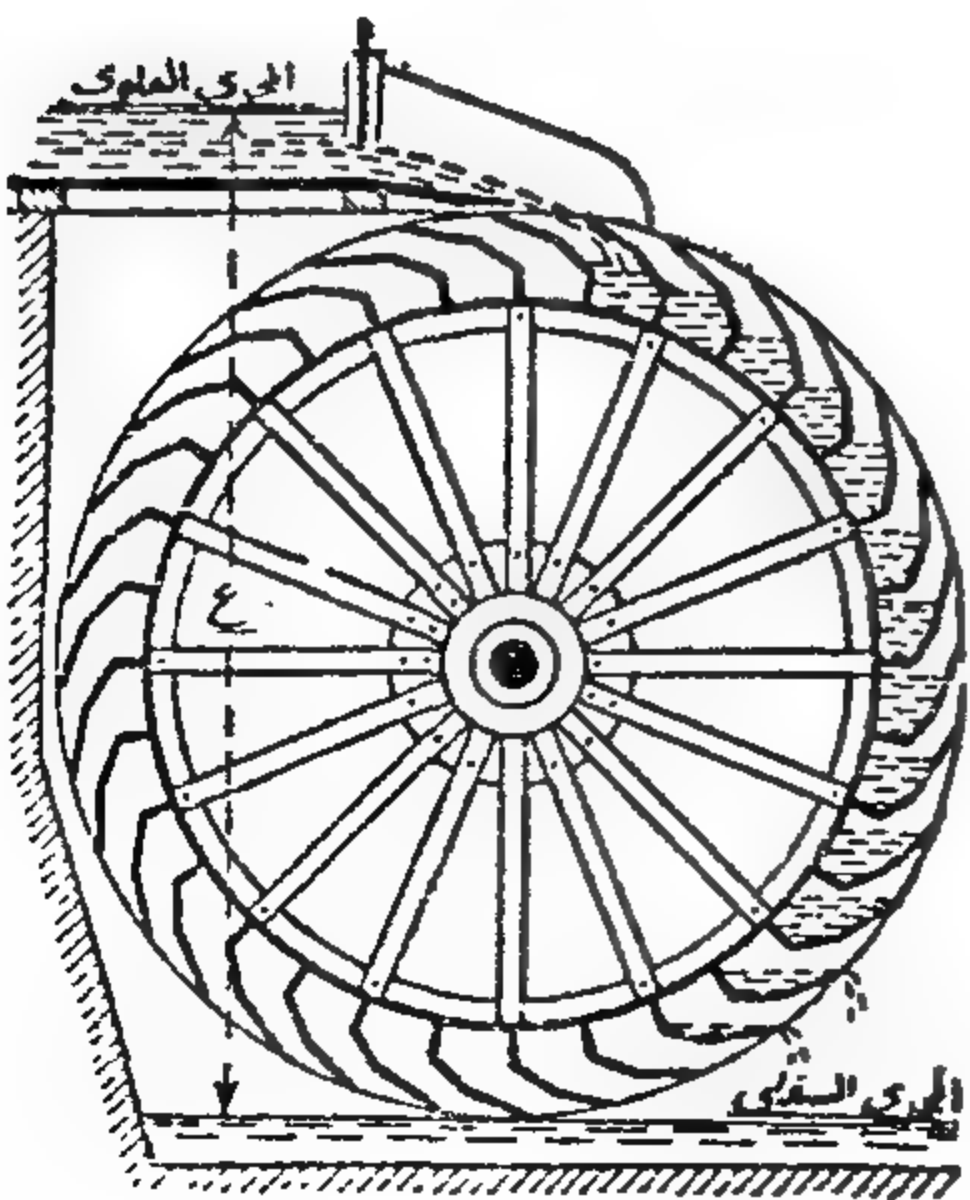
المحركات المائية

١٠٨ - تقسيم المحركات المائية - يمكن تقسيم المحركات المائية الى أربعة فروع أساسية :

- (١) المحركات التي تشتغل بتأثير وزن الماء الوارد اليها من مستو عال .
- (٢) المحركات التي تستمد حركتها من الطاقة التحركية للماء المتدفق اليها .
- (٣) المحركات التي أساس العمل فيها خليط من تأثير الوزن والطاقة التحركية
- (٤) المحركات التي تدور بتأثير رد فعل الماء الخارج من فوهات خاصة في محيطها . والمحركات المائية من حيث الشكل على نوعين : -

أ - عجلات مائية وهي طارات رأسية ضخمة مركب على محيطها قواديس تمتليء بالماء أو قواطيع يدفعها تيار الماء وتشتغل على احد الثلاث أنظمة الاولى ويرد اليها الماء في نقطة معينة من محيطها .

ب - طوربنيات مائية وهي عجلات صغيرة نسبيا مركب على محيطها ريش أو كفات يرد اليها الماء من جميع الجهات دفعة واحدة . وتفضل الطوربنيات على العجلات لصغر الحيز الذي تشغله وخاصة في القدرات العظيمة ولعلو جودتها بالنسبة للعجلات المائية .



شكل ١١٣ - عجلة مائية فوقية

١٠٩ - العجلات الفوقية -

وتستعمل عندما يكون سقوط المياه كبيرا (وشكل ١١٣) يبين احدى هذه العجلات حيث يرد الماء من المجرى العلوي الى الحافة العلوية للعجلة ويصب في قواديس مركبة في حافة العجلة وتكون هذه القواديس من ألواح معدنية أو خشبية مقوسة بشكل معين بحيث يحفظ الماء داخلها

الى اقصى مدى من حركة العجلة قبل انصرافه الى المجرى السفلى . وتنظم كمية الماء الواردة للقواديس بواسطة بوابات أو فتحات خاصة تفتح وتغلق باليد أو بواسطة الحاكم اذا وجد ويلاحظ أن القوة المحركة للعجلة مستمدة من وزن الماء في القواديس ليس ألا فإذا كان مدى سقوط الماء ع مترا والكمية الواردة للعجلة ل لترا في الثانية تكون الطاقة الممكن الحصول عليها من الماء في كل ثانية

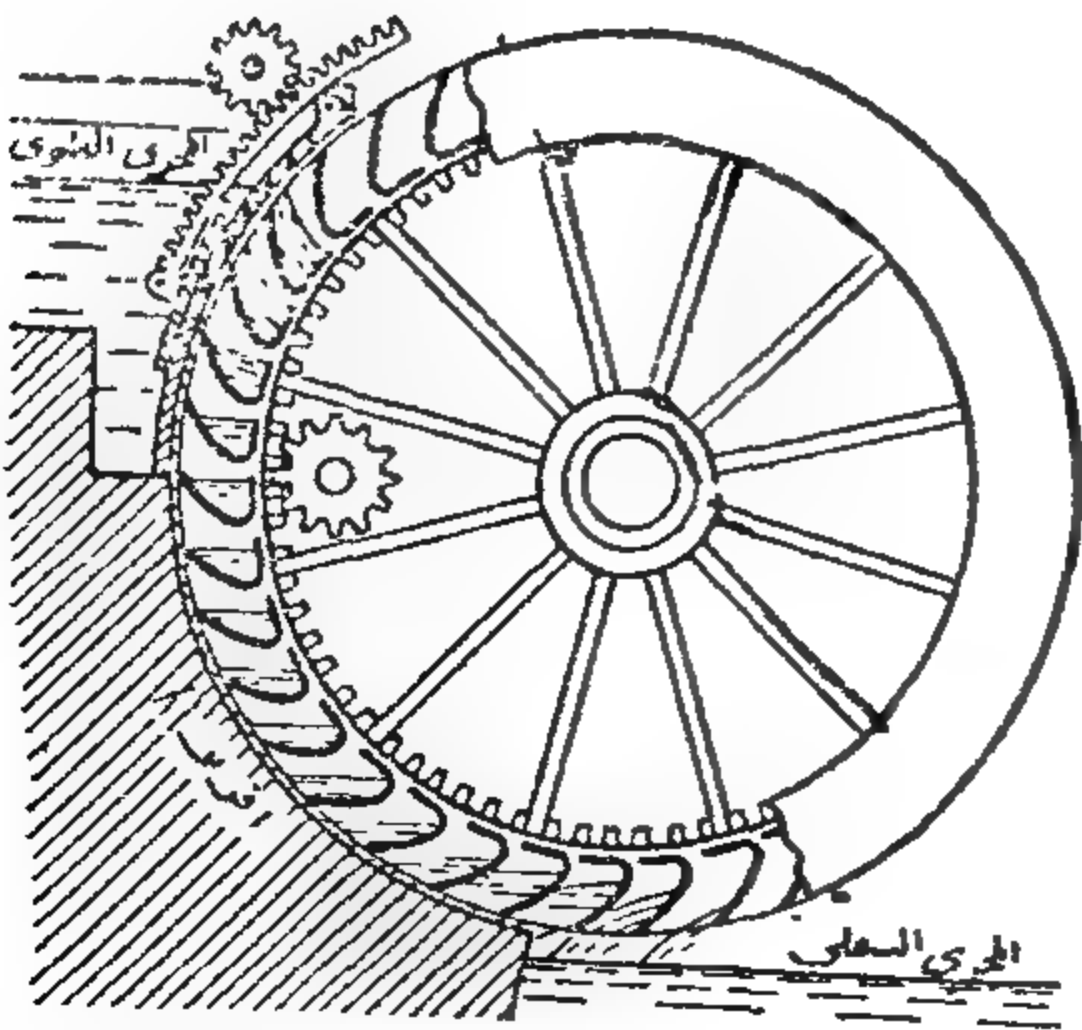
$$= ع ل و \text{ كيلو جرام مترا}$$

حيث « و » وزن لتر الماء بالكيلو جرام = ١

$$\text{أي أن القدرة الحصانية الممكن الحصول عليها} = \frac{ع}{٧٥} \text{ حصانا}$$

وهذه العجلات لا يمكنها تحويل أكثر من ٧٠ الى ٨٥ في المائة من هذه القدرة الوضعية للماء الى قدرة تحركية ينتفع بها أي أن جودتها بين ٧٠ و ٨٥ في المائة وتفقد باقي قدرة الماء في التغلب على المقاومة الاحتكاكية للعجلة وما يسقط من القواديس من الماء قبل وصولها الى أوطى نقطة في العجلة .

وتوجد هذه العجلات بكثرة في إقليم الفيوم حيث تكثر الهدارات وتسمى « سواقي الهدير » وهي في الغالب مصنوعة من الخشب وجودتها قليلة جدا لرداءة تصميمها ويستعملها الفلاحون لرفع المياه للري ولادارة طواحين الحبوب الصغيرة .



١١٠ - العجلات الصربية -

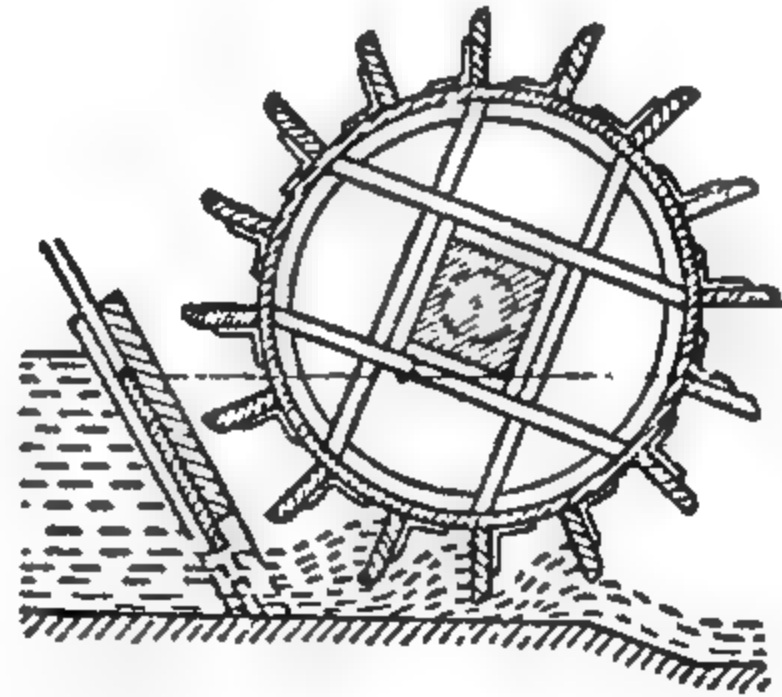
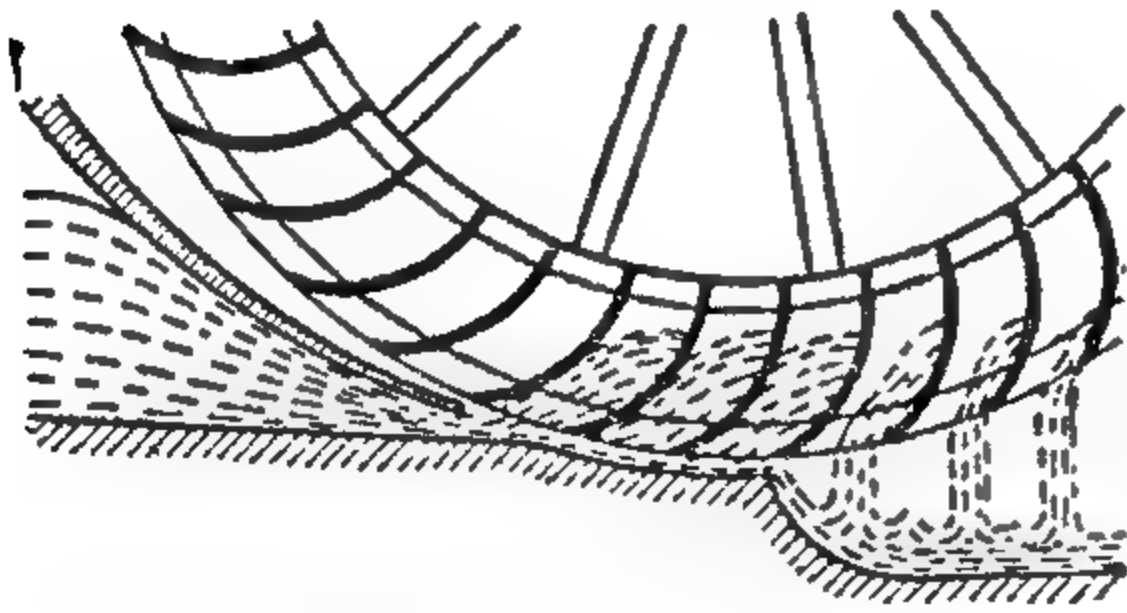
ولا تختلف عن العجلات الفوقية سوى في طريقة أيراد الماء الى القواديس (وشكل ١١٤) بين نوعا حديثاً من هذه العجلات حيث يبنى أفريزا تكون حافته مقوسة بشكل محيط العجلة ليحفظ

شكل ١١٤ - عجلة مائية صربية

الماء من الهروب من القواديس قبل وصولها الى المجرى السفلى وتنظم كمية المياه الواردة بواسطة فتحات خاصة تفتح وتغلق بواسطة الحاكم أو باليد . ويلاحظ أن في هذه العجلات أيضاً يستخدم تأثير وزن الماء فقط في تحريك العجلة ألا إذا كان الموضع الذي يرد منه الماء الى العجلة أوطى من مركزها ففي هذه الحالة تكون القوة المحركة لها مستمدة من وزن الماء ومن قوة اندفاعه الى القواديس .

١١١ - **المبهرات النخمية** - وتستعمل في الهدارات القليلة الغور

وحيث تكون سرعة الماء عظيمه وتشتغل بقوة اندفاع الماء فقط أي تستخدم الطاقة التحريكه للماء الناشئه من سرعة تدفقه نحو العجلة (وشكل ١١٥) يبين طرازاً قديماً من هذه العجلات وعلى هذا الشكل البدائي لا تزيد جودتها عن ٢٠ ٪ لكثرة فقد طاقه تحرك الماء في الدوامات وفي الاصطدام مع كفات العجلة وفي الطراز الحديث من هذه العجلات (شكل ١١٦) زيدت الجوده الى ٦٠ ٪ بما أدخل على تصميمها من أنظمة مبنية على النظريات العلمية فمثلاً تستخدم الدليل



شكل ١١٦ - عجلة مائية تحتية حديثة

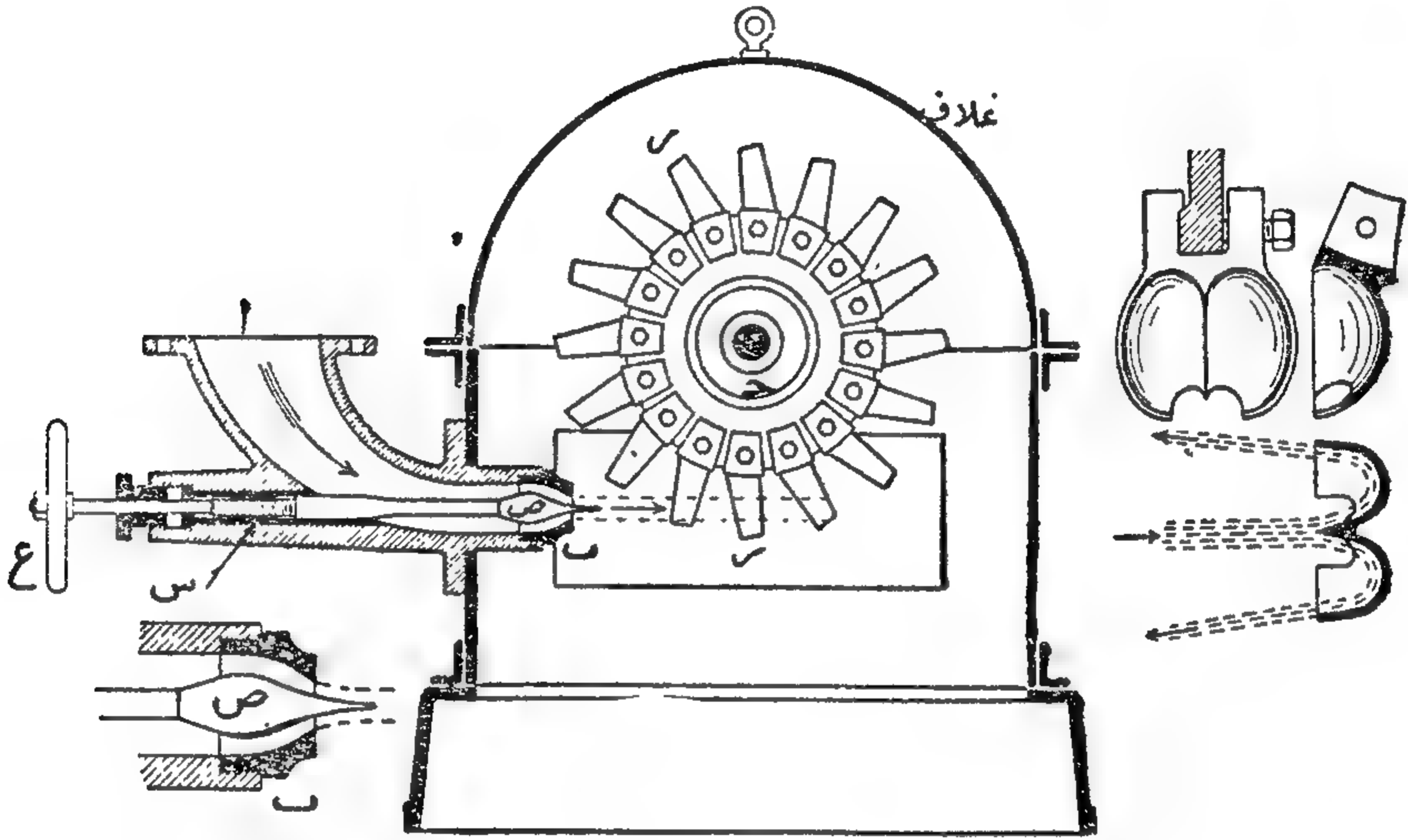
شكل ١١٥ - عجلة مائية تحتية قديمة

المقوس أو ليوجه سرعة الماء نحو الريش بحيث لا تحدث دوامات أو اصطدام وكذا صنعت الكفات نفسها مقوسة لمنع اصطدام الماء فيها سواء كان في دخوله اليها أو خروجه منها .

١١٢ - **عجلة بلنور** - ليس هذا المحرك سوى عجلة تحتية صغيرة يرد

اليها الماء من فوهة صغيرة بسرعة عظيمة . ففي (شكل ١١٧) يرد الماء من الماسورة أ الى الفوهة - حيث ينفذ بسرعة هائلة ويصطدم مع الكفات « ر »

المثبتة على محيط عجلة صغيرة « ح » داخل غلاف من الزهر وتنظم كمية الماء المقذوفة من الفوهة بواسطة ابرة « س » تتحرك أفقياً بواسطة العجلة « ع » والساق المقلوظ « س » وشكل ١١٨ يبين تفصيل أحد الكفات المزودة المستعملة وهى مقوسة بشكل معين بحيث أن تيار الماء المقذوف من الفوهة ينقسم الى



شكل ١١٧ - عجلة بليتون المائية

شكل ١١٨
تفصيل الكفات

فرعين عند مقابله للكفة يسير كل فرع منها بدون اصطدام حول منحنى الكفة ويسقط منها في اتجاه معاكس تقريباً لاتجاه دخول تيار الماء وبهذه الطريقة يمكن الحصول على قدرة نافعة تباع أكثر من ٨٠ ٪ من قدره التحريك للماء الوارد (وشكل ١١٩) يبين ضخامة عجلة محرك من هذا النوع صنعته الشركة الكهربائية الانجليزية وقدرته ١٥٠٠٠ حصانا .

١١٣ - الطوربين المائى - قد ذكر فيما سبق ان الفرق بين الطوربين

والعجلات المائية هو أن الماء يتخلل الكفات باكمائها على دائر محيط الطوربين بينما في العجلات لا يؤثر الماء الا على بضع كفات في وقت واحد . ويمكن تقسيم الطوربينات المائية الى نوعين اجدها دفعى والآخر رجعى فالطوربين الدفعى

يستمد حركته من قوة الدفع الناتجة من سرعة تيار الماء المساط على كفاته والطورين الرجعي هو ما كانت حركته ناشئة من رد الفعل المترتب على تدفق الماء بسرعة من كفاته . ومن حيث اتجاه حركة الماء تقسم الى اربعة انواع تعرف كل منها عادة



شكل ١١٩ - عجلة محرك بلتون المائي من صنع الشركة الكهربائية الانجليزية

- باسم المهندس الذي اخترعها او اقترن اسمه بها لكثرة ما ادخل عليها من التحسين
- (١) طورين فورييه ^(١) واتجاه دورة الماء فيه من المركز الى الخارج في اتجاه نصف القطر
- (٢) طورين فرانسيس ^(٢) واتجاه دورة الماء من الخارج الى الداخل في اتجاه نصف القطر

(1) Fourneyron (2) Francis

(٣) طوربين جوفنال^(١) حيث حركة الماء في اتجاه المحور مماسا للمحيط

(٤) الطوربين الامريكى حيث اتجاه حركة الماء خليط من نصف قطري

ونمى وسمى أمريكى لشيوع استعماله في أمريكا .

والنوعان الثاني والرابع هما اكثر الطوربينات المائية استعمالا في الوقت الحاضر وتصنع أما على النظام الدفعي او النظام الرجعي والاخير هو الاكثر استعمالا من الاول .

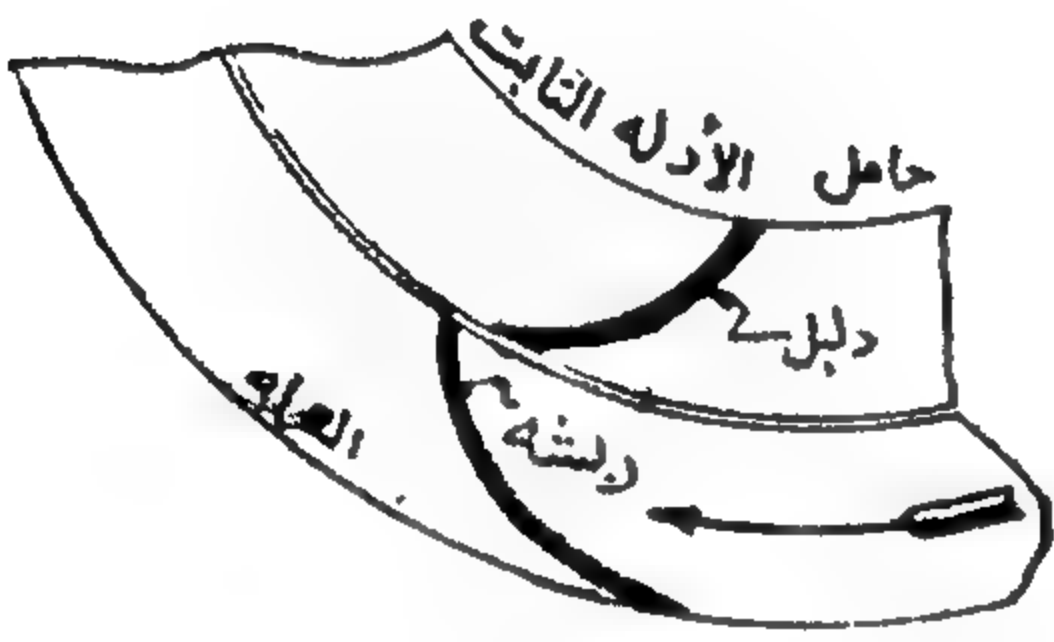
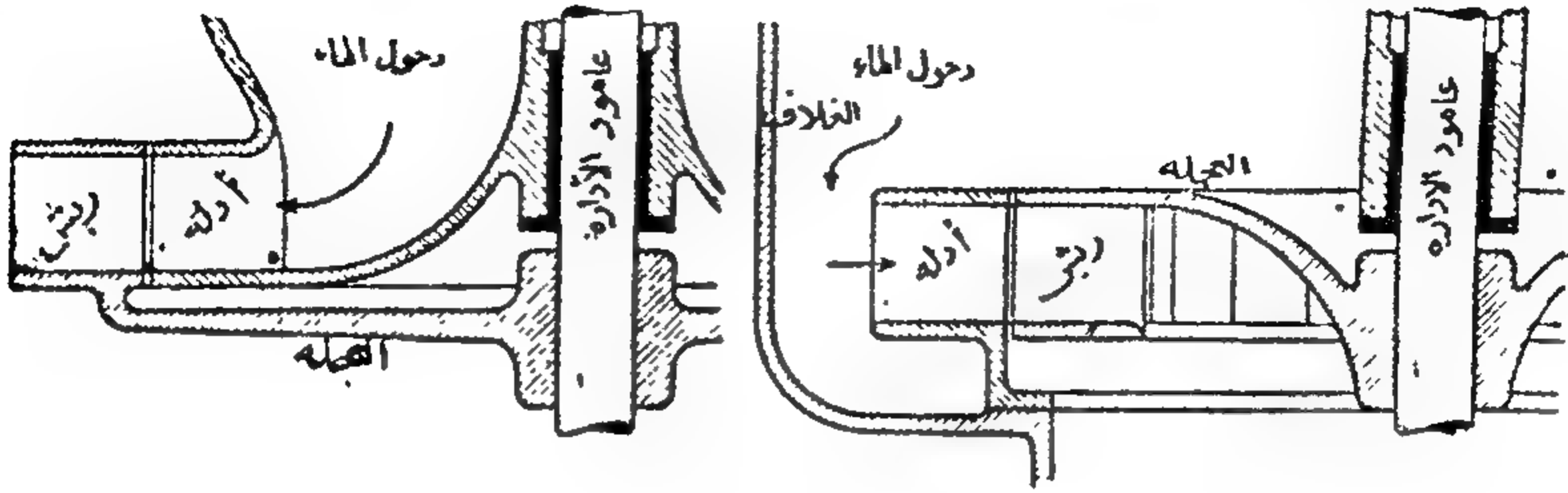
١١٤ - النظام الرفعى للطوربينات المائية . في هذا النظام يرد الماء الى

فراغ حلقي في الغلاف الخارجى للطوربين ثم يمر الماء من خلال ممرات مكونة في الغلاف الثابت بواسطة ادله مقوسة بشكل معين بحيث ان الماء يصب الى ريش العجلة في اتجاه المركز وهذه الريش مقوسة بشكل خاص ايضا بحيث ان الماء الداخلى لا يصطدم بالريش والماء المنصرف يفقد سرعته تقريبا . وينصرف الماء من الحيز المركزى للطوربين . وفي هذه الحالة تدور العجلة داخل الغلاف كما في شكل ١٢٠ أما اذا كان اتجاه حركة الماء من المركز نحو الخارج فيرد الماء الى حامل الادله الداخلى الثابت وينفذ الى ريش العجلة التى تدور خارجه كما في شكل ١٢١ ويندر استعمال هذا التركيب . وشكل ١٢٢ يبين طوربيننا ذا نظام دفعي فيه اتجاه حركة الماء موازيا للمحور وفي هذه الحالة تكون العجلة وحامل الادله الثابت بمحاذاة بعضهما ومتساويا الاقطار .

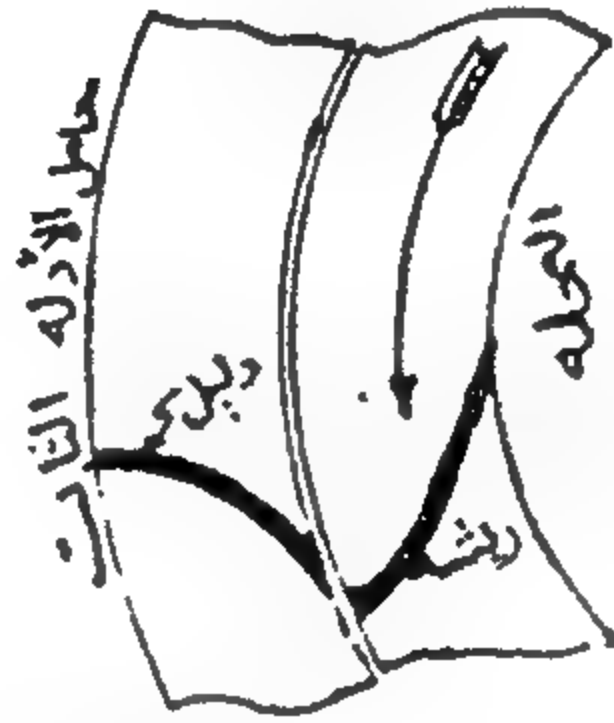
١١٥ - النظام الرجعى للطوربينات المائية : يلاحظ أن في الانظمة

المذكورة في البند السابق يصب الماء الى ريش العجلة بسرعة عظيمه وينفذ منها الماء وقد فقد هذه السرعة تقريبا وبمعنى آخر فقد تحولت الطاقة التحريكه للماء الى طاقة دورانية للعجله . أما في النظام الرجعى فليس للماء سرعة تذكر عند دخوله الى ريش العجله ولكنه يخرج منها بسرعة عظيمه وتتحرك العجله بتأثير

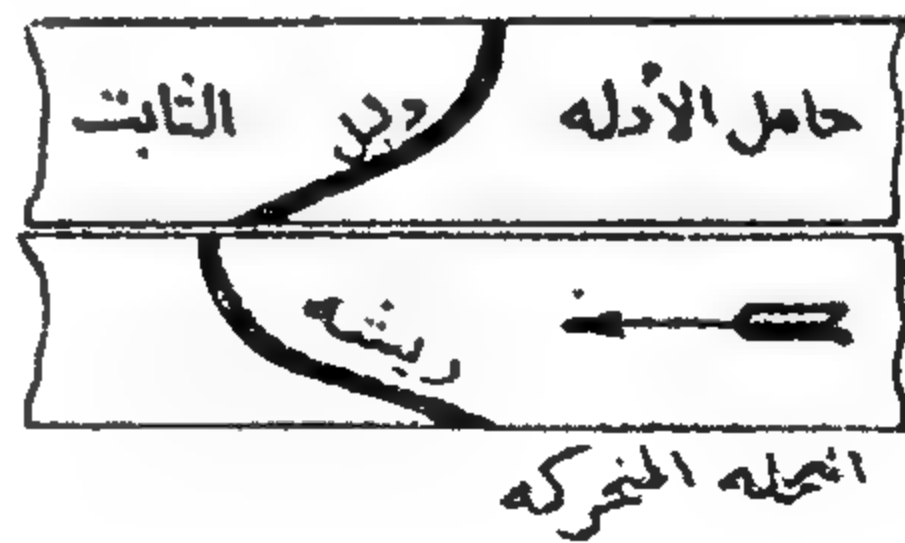
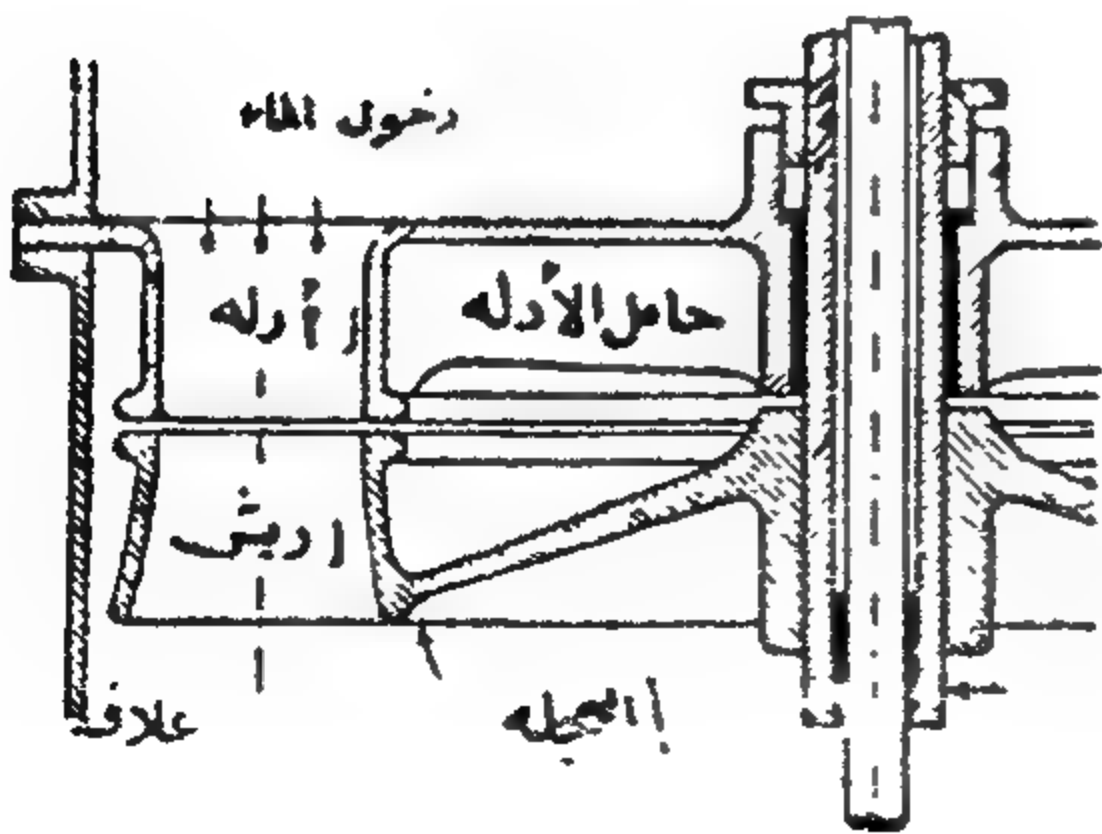
رد فعل الماء عند خروجه من حافة العجلة على هذه السرعة و شكل ١٢٣ يقرب هذا النظام للذهن . تصور حوضا عاليا « أ » ارتفاعه ه يحمل على عامود



شكل ١٢١ - طورين مائي ذو نظام دفعي واتجاه الماء فيه من الداخل الى الخارج



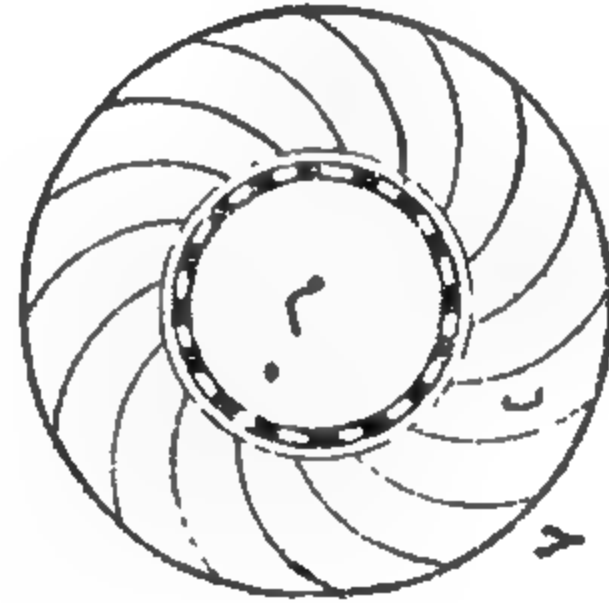
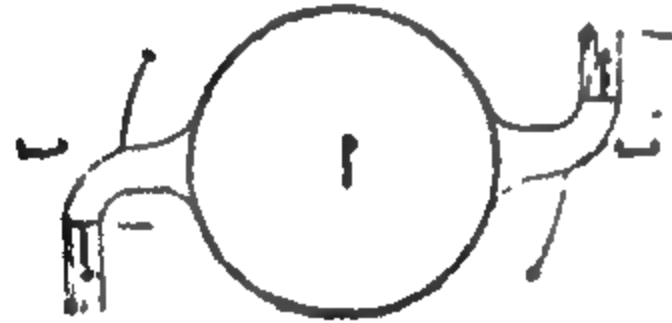
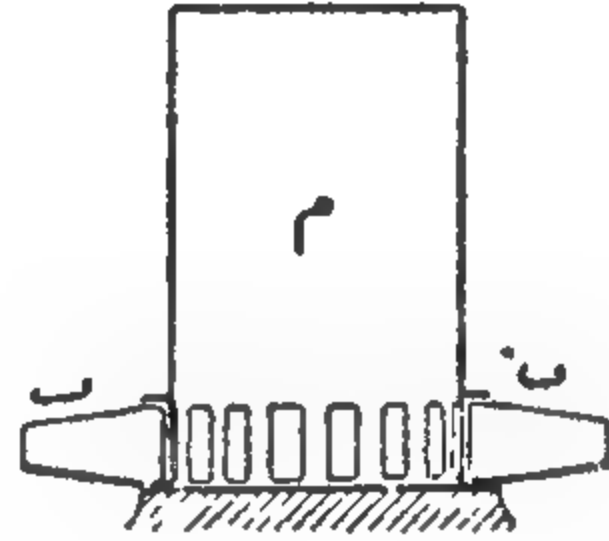
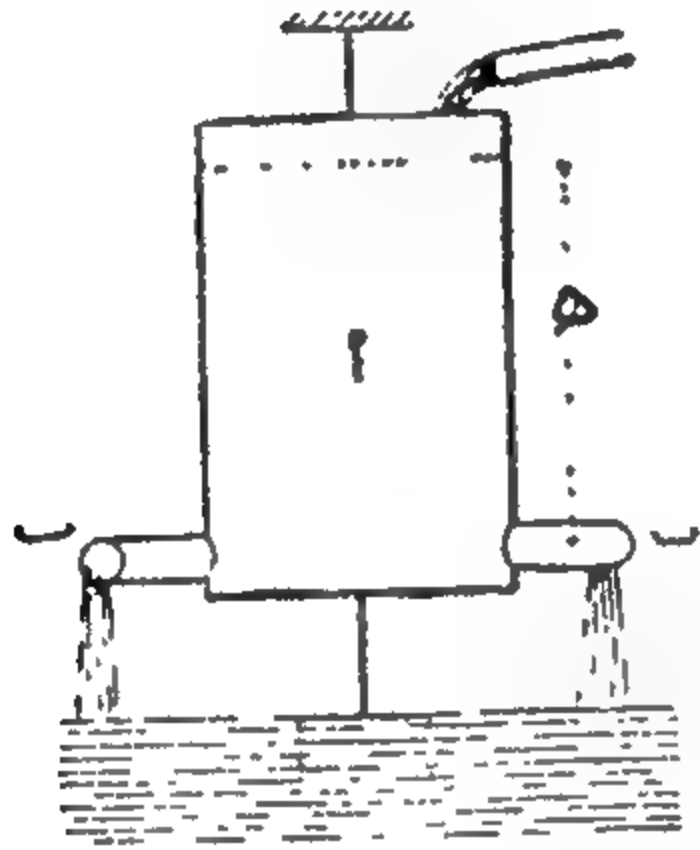
شكل ١٢٠ - طورين مائي ذو نظام دفعي واتجاه الماء فيه من الخارج الى الداخل



شكل ١٢٢ - طورين مائي ذو نظام دفعي واتجاه الماء فيه موازيا للمحور

رأسي بحيث يمكنه الدوران بحريه وبأسفل الحوض ماسورتين منحنتين - ينفذ منها الماء الذي يرد للحوض باستمرار فأذا كان سطح الماء في الحوض على

منسوب ثابت فأن السرعة التي ينفذ بها الماء من أسفل الحوض تقدر من المعادلة $V = 2 \sqrt{h}$ ورد فعل هذه السرعة يحرك الحوض في اتجاه مضاد لاتجاه نفاذ الماء. وهذه هي نظرية الطوربين الرجعي حيث يستعاض عن الحوض المتحرك بالماسوره الرأسية الثابتة « م » (شكل ١٢٤) ويستعاض عن الفوهات المنحنية في (شكل ١٢٣) بممرات مقوسة « ب » مكونه في عجله « ح » (شكل ١٢٤) تدور بحريه حول الماسوره الرأسية وينفذ الماء الى هذه الممرات من خلال فتحات مقابله لها في الماسوره الرأسية . غير أن في الطوربين الحقيقي

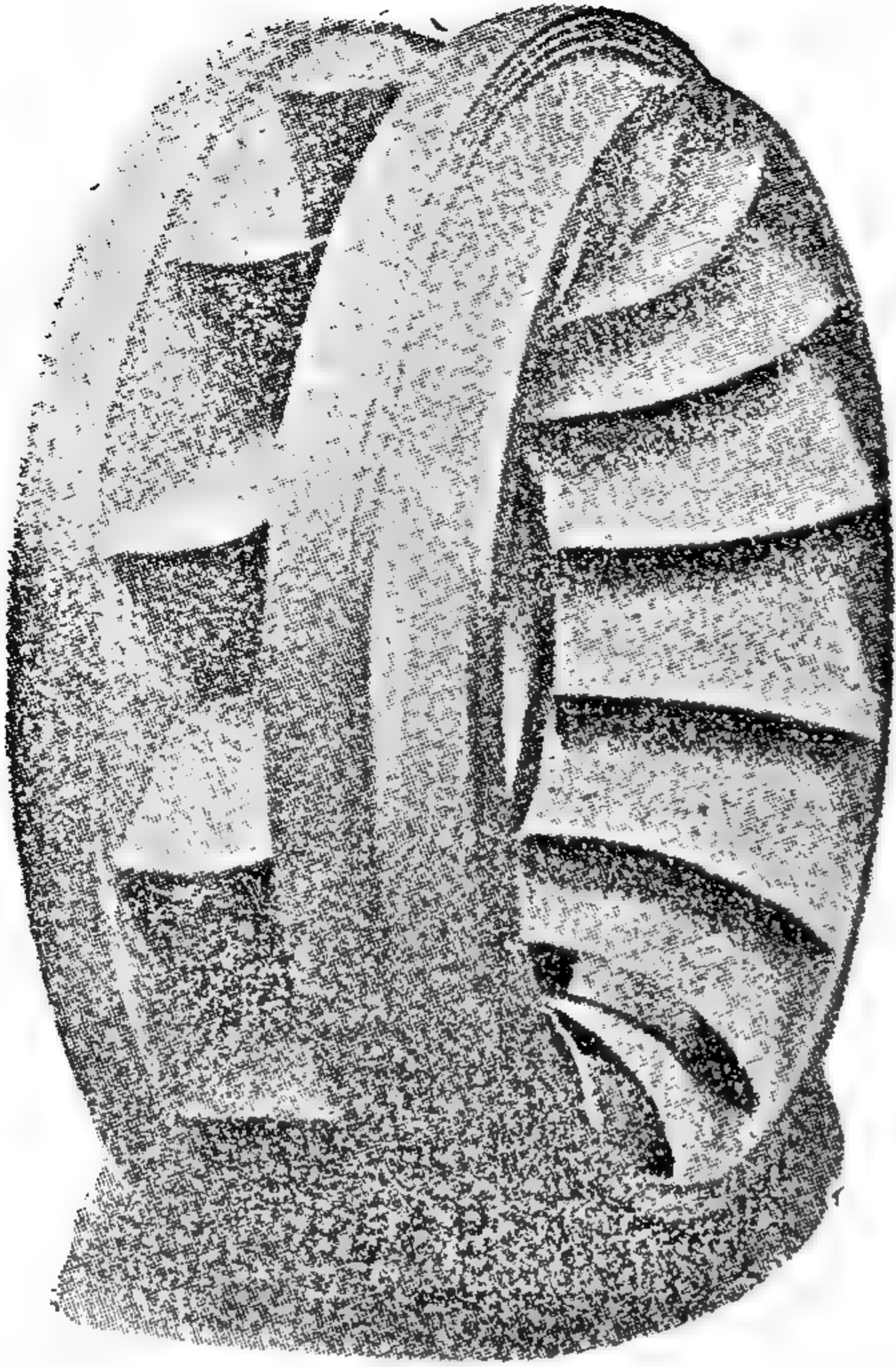


شكل ١٢٣

شكل ١٢٤

النظام الرجعي للطوربينات المائية

تتخذ هذه الفتحات شكلا منحنيا حتى لا يصطدم الماء بريش العجله . يتضح من ذلك أن طاقة الماء عند دخوله الى ريش العجله طاقه ضغطيه مترتبه على ارتفاع الماء عن منسوب العجله وتتحول هذه الطاقة الضغطيه الى طاقه تحريكه للعجله . وكما أنه توجد أشكال مختلفة للطوربينات الدفعية تختلف باختلاف اتجاه حركة الماء فيها فكذلك في الطوربينات الرجعية والاشكال من ١٢٠ الى ١٢٢ يمكن أن تمثل طوربينات رجعية غير أن أشكال الريش والأدله تختلف في الحالتين اختلافا بينا .



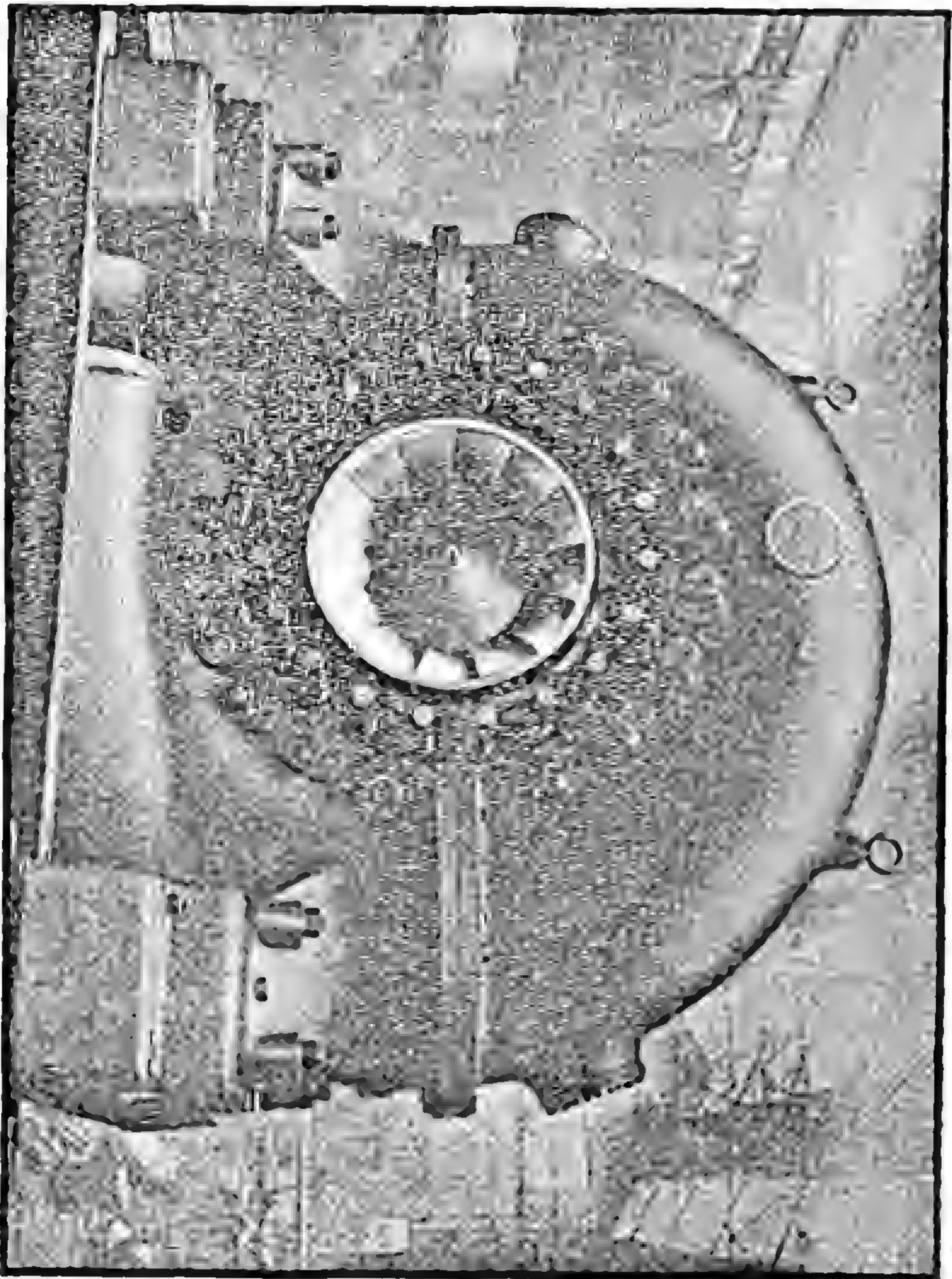
و(شكل ١٢٦) دين توربينا
مائيا يشتغل على النظام الرجعي
أثناء تركيبه في مصنع الشركة
الكهربائية الانجليزية وقدرته
٢٥٠٠٠ حصا . وينفذ الماء الى
ريش عجلة الطوربين المبينه
(بشكل ١٢٥) من الحيز الحلقي
بين الغلاف الخارجي والعجاءه في
اتجاه نصف قطري ثم يتحول
بعد قليل الى اتجاه محوري مماس
لمحيط العجاءه .

شكل ١٢٥
عجلة طوربين أوريكي قدرته ٢٥٠٠٠ حصاة

الطوربين البخاري

١١٦ - نظرية الطوربين البخاري - سبق الاشارة في الفصل الخاص
بمنابع الطاقة أنه يمكن تسخير الرياح لتوليد القدرة باستعمال ما يسمى طواحين
الهواء وكيف أن مراوحها تدور بتأثير اندفاع الهواء على سطوح هذه المراوح
وقد أتضح في سياق الكلام أن القدرة المولدة تتوقف على سرعة الرياح لذلك
كانت هذه القدرة متغيرة من حين لآخر تبعاً لأهواء الطبيعة وليس للإنسان
أي تحكم فيها أو ساطة عليها ولكنه يمكنه السيطرة على الرياح الصناعية الناتجة
من انتشار البخار الممكن توليده في المراحل. فالآلة التي يحركها «الرياح البخاري»
هذا تسمى طوربينا بخاريا وتكون في بداية أمرها من عجلة مركب على أطوارها
ريش مقوسة يساط عليها في اتجاه معين تيار البخار المندفع من فوهة بوق خاص

الذي تنحصر وظيفته في تحويل الطاقة الضغطية للبخار الوارد له من المرجل الى طاقة ميكانيكية بأقل فقد ممكن . إذن فالطوربين البخاري في جوهره ينحصر في عملتين أولهما تحويل ضغط البخار الى سرعة وثانيهما استعمال سرعة البخار في



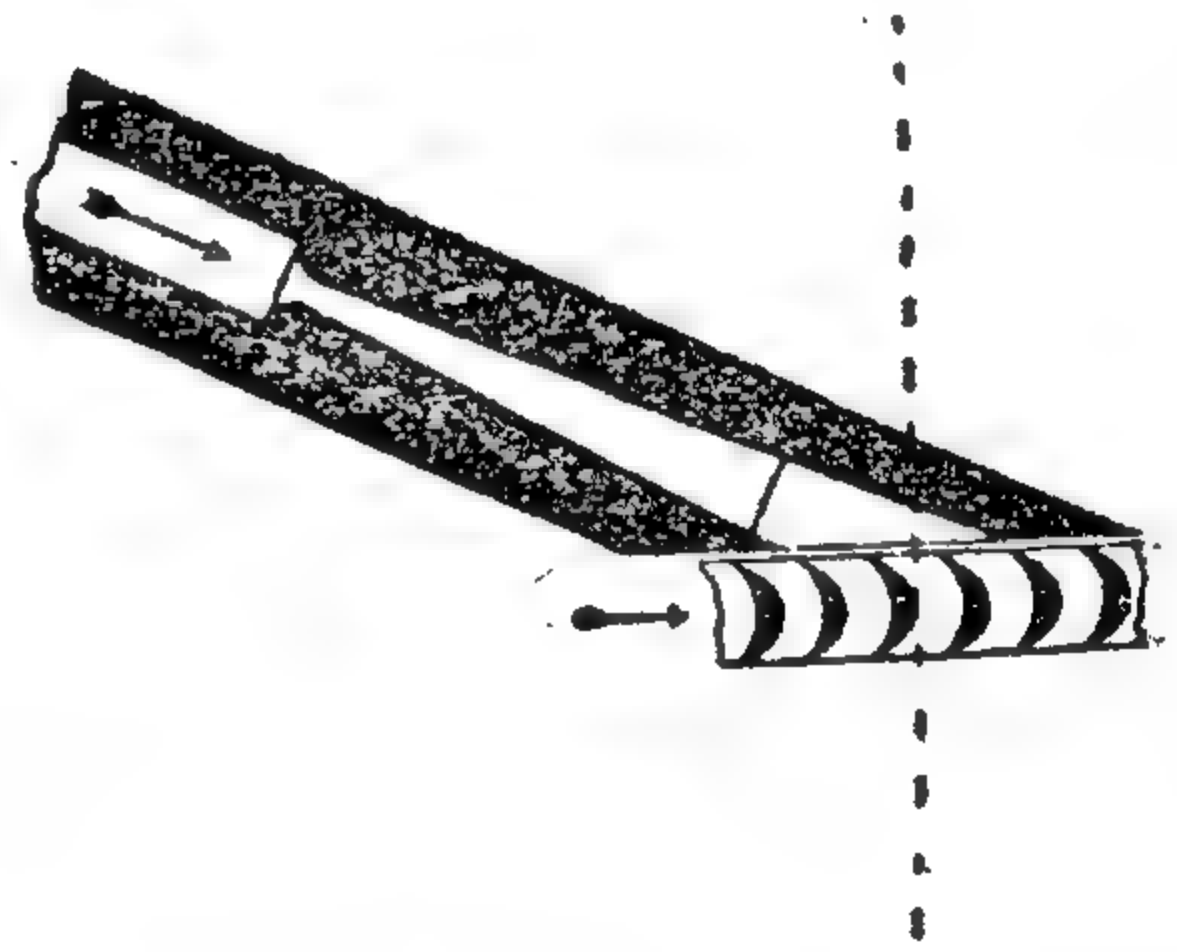
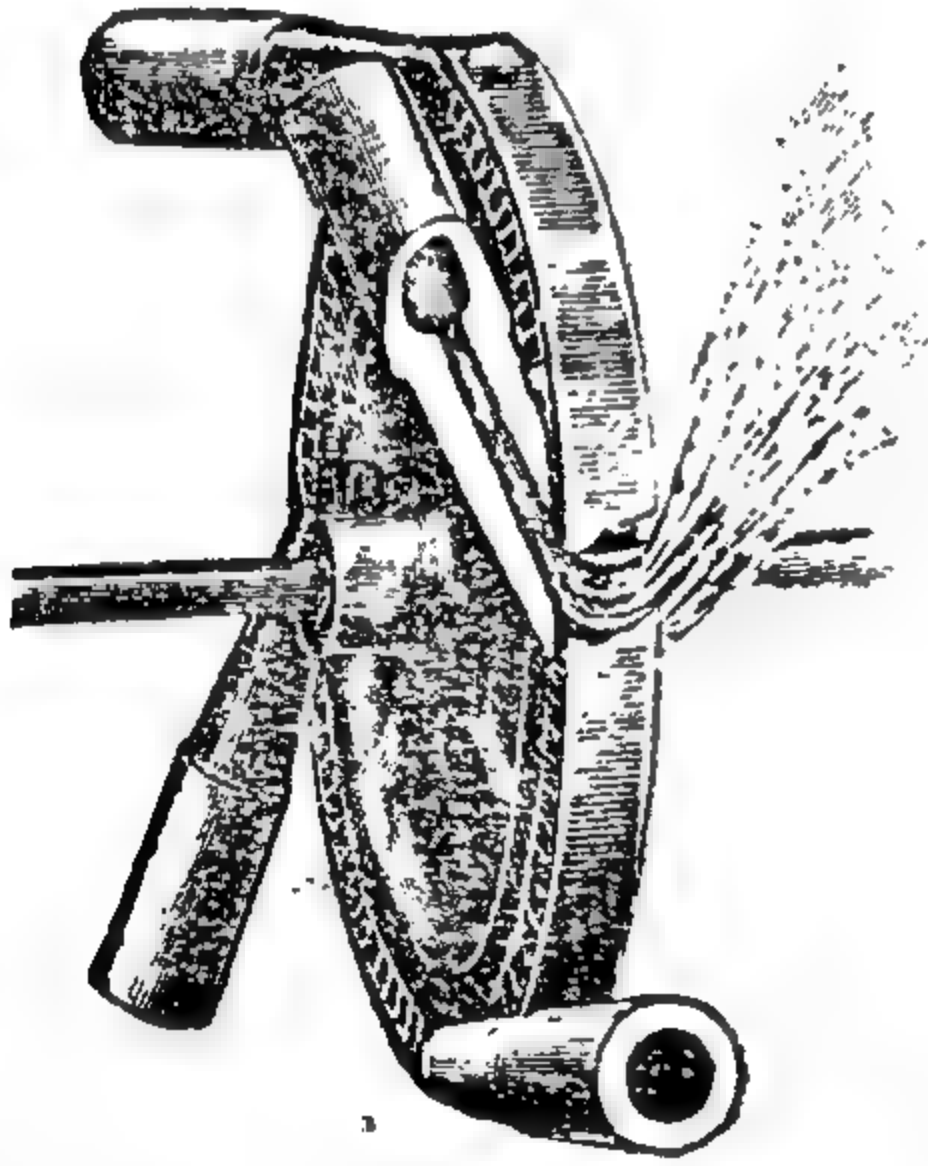
شكل ١٢٦ - طوربين أمريكي قدرة ٢٠٠٠ حصانا من صنع الشركة الكهربائية الانجليزية

توليد حركة ميكانيكية ناهية . وهذه هي نفس النظرية التي يشتغل عليها الطوربين المائي ولكن وجه الشبه لا يعمد النظرية العامة . إذ يختلف الطوربين البخاري عن الطوربين المائي باختلاف طبيعة البخار عن طبيعة الماء وذرات الأخير متماكة

أي أن حجمه النوعي لا يختلف باختلاف الضغط بين البخار ينتشر كلما خف ضغطه كما أن للبخار طاقه حراريه يجب الاحتفاظ بها في عملية تحويل الضغط الى سرعه وليست هذه الخاصيه موجوده في الماء . يتضح من ذلك أن الابواق التي تستعمل في تحويل ضغط البخار الى سرعه يجب أن تكون جدرانها الداخليه مقوسه بشكل معين تسمح بانتشار البخار من ضغط المرجل الى الضغط الجوي أو ضغط المكثف بدون أن يفقد طاقته الحراريه.

١١٧ - توربين «دي لافال»^(١) - هو أول طور بينات البخاريه التي

تستعملت بنجاح ويتكون من عجله مركب على اطارها ريش كثيره بشكل حرف U تقريبا (شكلي ١٢٧ و ١٢٨) تنفذ اليها تيارات البخار بسرعه هائله من عدة ابواق ثابته موضوعة على ابعاد متساويه من بعضها. وشكل ١٢٧ يبين قطاعا



شكل ١٢٨ - قطاع في احد الابواق
وجزه من العجله

شكل ١٢٧ - توربين دي لافال
البخاري

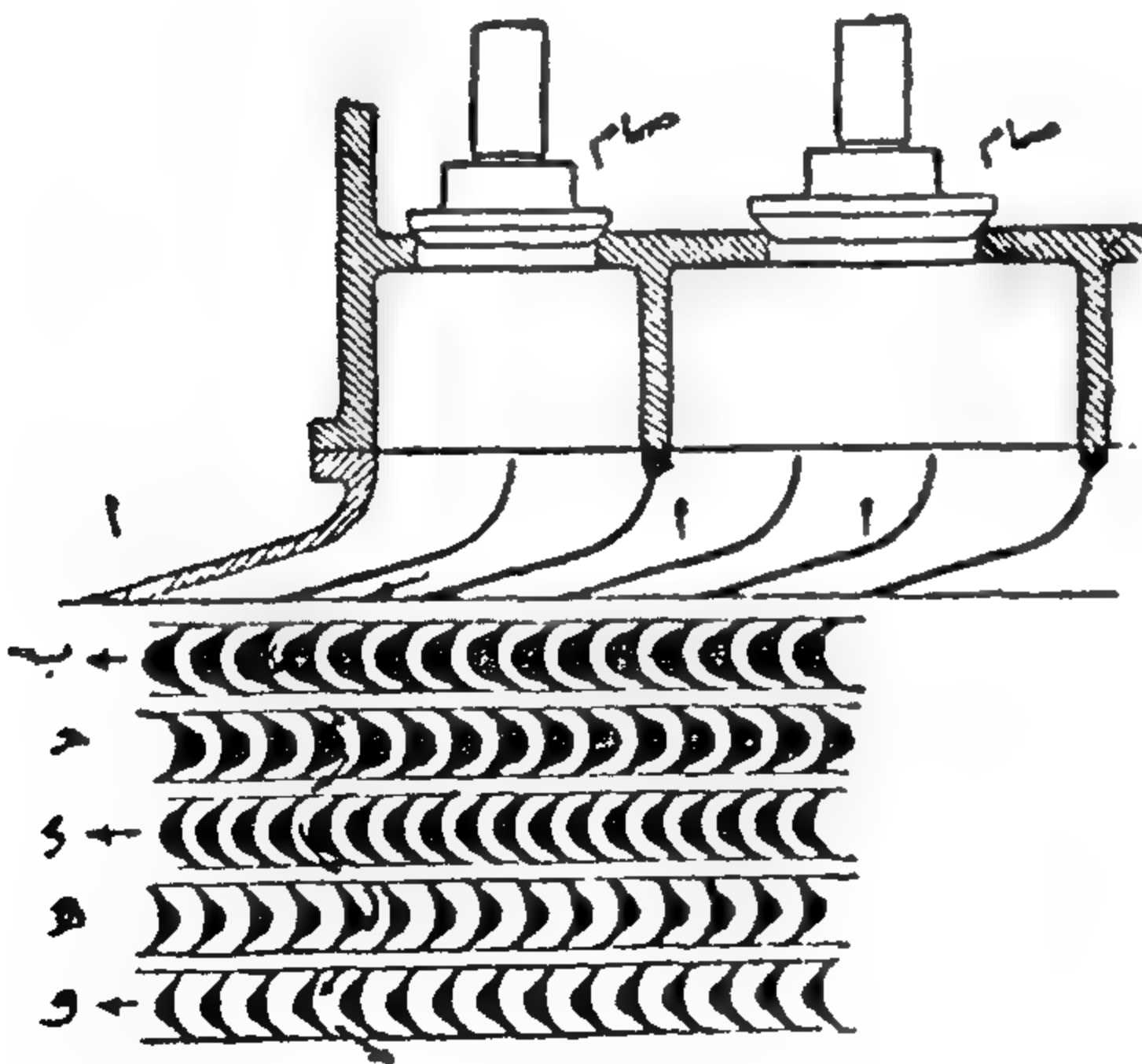
تفصيليا لاحد الابواق ووضعه بالنسبه للريش المتحركه ويلاحظ أن المساحه المحصوره بين الريش وبعضها ثابته أي أنه متى نفذ البخار من البوق فإنه يسير بسرعه منتظمه داخل الحيز المحصور بين الريش ويخرج من بينها وقد فقد الجزء الاكبر من هذه السرعه بتحريكه للعجله في اتجاه السهم الافقي . ويمكن

(١) De Laval

الاستدلال أنه للحصول على أكبر جوده للطوربين الذي من هذا الطراز يجب أن تكون السرعة الخطية لحافة العجلة مساوية لنصف سرعة البخار عند نفاذه من البوق . وفي طوربين دي لافال تدور العجلة بسرعة هائلة تبلغ في بعض الاحيان ٣٠٠٠٠ لفة في الدقيقة . وبديهي أن هذه السرعة الهائلة لا يمكن الارتفاع بها مباشرة بل يجب تخفيضها بواسطة تعاشيق مسننه الى ما يقرب من عشر هذه القيمة فضلا عن أن هذه السرعة تعرض الاجزاء المتحركة الى العطب مع ما يتبع ذلك من أخطار للمتاع والحياة . ولهذا السبب تفضل أنواع الطوربينات التي تقسم فيها طاقة البخار التحريك الى عدة مراحل تستهلك كل مرحلة منها في ادارة عجلة مستقلة .

١١٨ - الطوربين السرعى المتعدد المراحل - طوربين كيرنيس^(١) ..

ففي تجزئة السرعة الى عدة مراحل تحول الطاقة الضغطية للبخار الى طاقة تحريك دفعة واحدة في ابواق مناسبة (أ) شكل ١٢٩ وينفذ البخار منها الى ريش العجلة



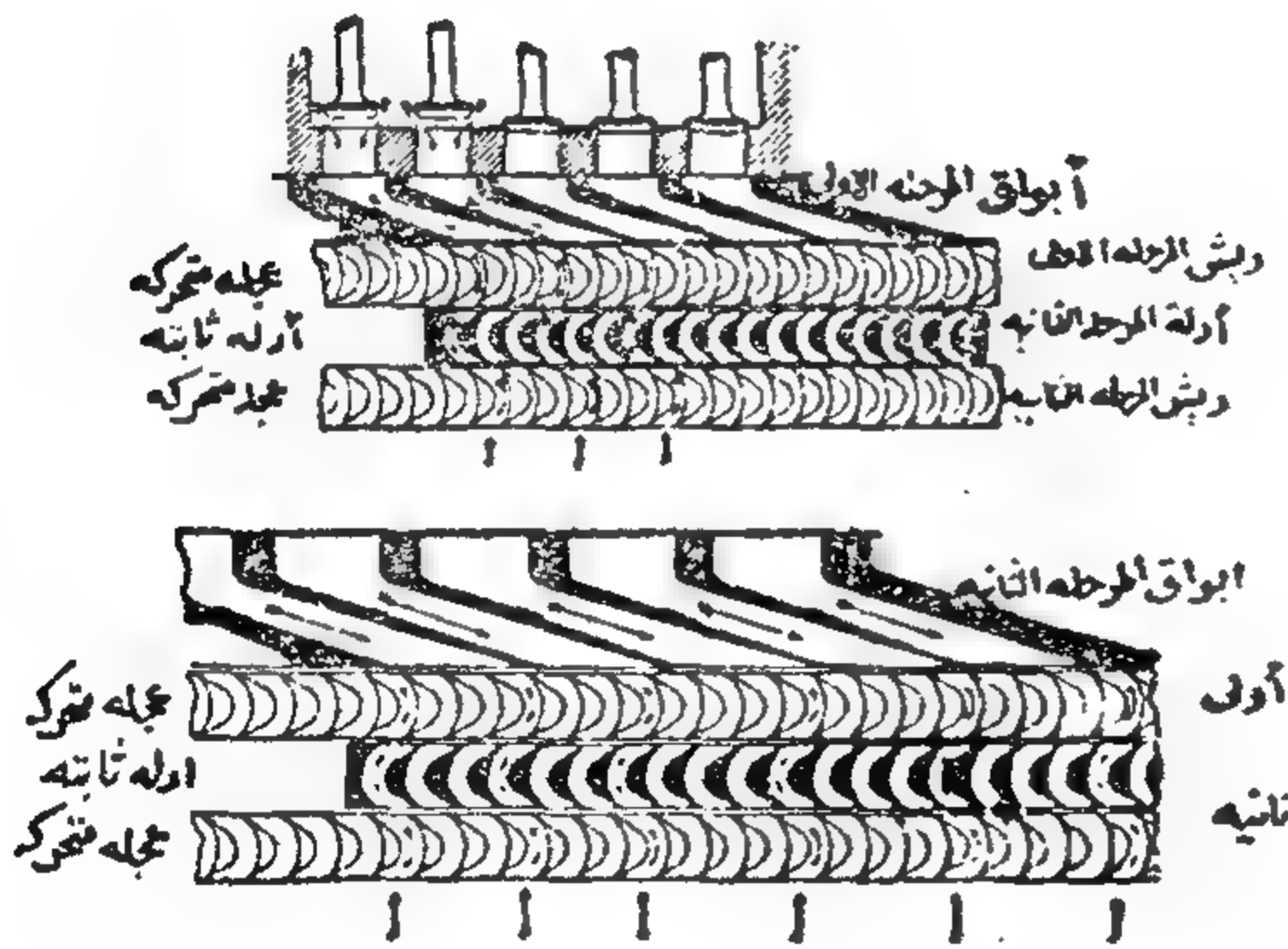
الاولى (ب) حيث تستهلك جزء من سرعة البخار في أدارتها وينفذ البخار من الريش الاولى بسرعة أقل من سرعة نفاذه من الابواق وفي اتجاه معاكس تقريبا لاتجاه دخوله ويحول هذا الاتجاه الى الاتجاه

الاصلى بواسطة ممرات شكل ١٢٩ - نظام انطوربين السرعى المتعدد المراحل

مكونه بريش ثابتة في غلاف الطوربين (ح) ولذلك فهو لا يفقد شيئاً من سرعته وينسلط على ريش في عجلة ثانيه (د) مماثله من جميع الوجوه للعجلة (ب) فيحركها

(1) Curtis

ويفقد جزءا آخراً من سرعته ومنها الى ريش ثابتة (هـ) ثم الى ريش متحركة (و) وهلم جرا الى أن تستهلك سرعة البخار بأكملها. وجميع العجلات المتحركة مثبتة في عامود واحد فهي تدور بسرعة متحدة تساوي نصف سرعة نفاذ البخار من الابواق مقسومة على عدد المراحل. فإذا كان عدد المراحل عشرة مثلاً وكانت سرعة الدوران التي تتطلبها سرعة البخار ٣٠٠٠٠ لفة في الدقيقة فإن عامود الطورين يدور بسرعة ٣٠٠٠ لفة وهي سرعة معقولة يمكن الارتفاع بها وفي طورين « كيرتس » لا تجزأ سرعة البخار فقط بل أيضا يقسم الضغط الى عدة مراحل بمعنى أنه بدلا من أن تحول الطاقة الضغطية للبخار بأكملها الى طاقة سرعته طفرة واحدة تقسم الطاقة الضغطية الى عدة مراحل. وفي شكل ١٣٠ رسما تخطيطيا لنظام طورين كيرتس ذو مرحلتين ضغطيتين ففي المرحلة الاولى يحول جزء من طاقة



شكل ١٣٠ - نظام طورين كيرتس

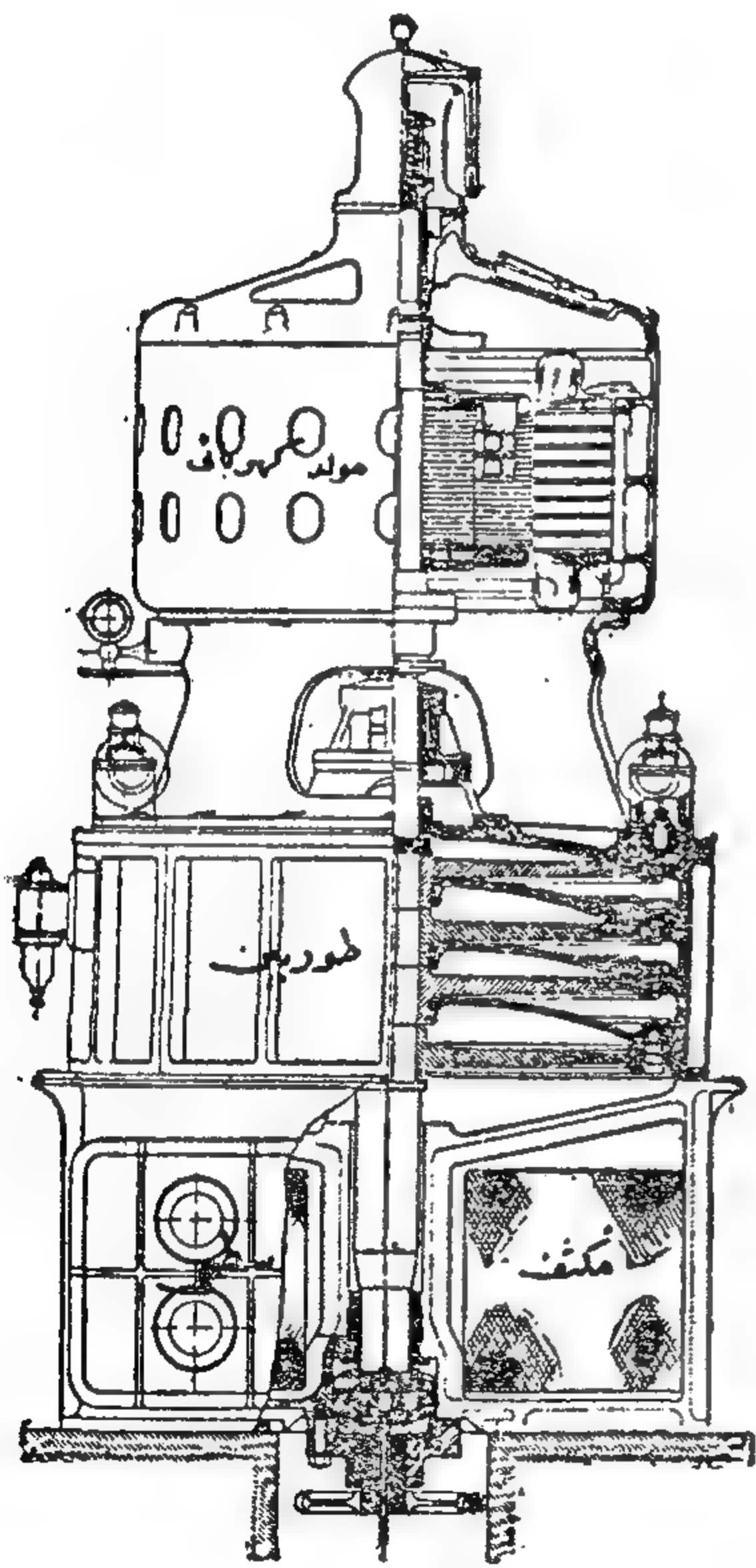
البخار الضغطية بتمدد من ضغط المرحل الى ضغط متوسط وتستعمل سرعة البخار الناتجة في عدة مراحل سرعية. ثم يلي ذلك المرحلة الثانية حيث يتمدد البخار من الضغط المتوسط هذا الى ضغط المكثف

وتستعمل السرعة الناتجة في عدة مراحل سرعية أخرى. ويوجد طراز من طورين كيرتس يقسم فيه الضغط الى مراحل كثيرة لكل منها مرحلتين سرعتين فقط وهذا الطراز هو أكثر الطورين شيوعا في أمريكا. وشكل ١٣١ يبين طورينا رأسيا من هذا النوع أي أن عامود أدارته رأسي بينما تدور عجلاته في مستو أفقي وبهذا الترتيب يشغل الطورين حيزا صغيرا ويرى في الشكل أن

المولد الكهربائي مركب في رأس الطورين فيما يرتكز الأخير على المكثف السطحي الذي يستعمل دائماً مع الطورينينات البخارية بكافة أنواعها .

١١٩ - النظام الرجعي أو الضغطي للطورينينات البخارية - قد

سبق شرح النظام الرجعي للطورينينات المائية (بند ١١٥ صفحة ١٤٢) ففي الطورينينات البخارية لا يختلف هذا النظام نظرياً عنه في الطورينينات المائية غير أن



الحيز المحصور بين الريش في العجلة المتحركة تتغير مساحة قطاعه من نقطة الى أخرى بنفس النظام المتبع في الابواق الثابتة وبذلك ينفذ البخار من بين الريش المتحركة بسرعة أعظم من سرعة دخوله إليها فترتد العجلة وتنشأ الحركة الدورانية ويمكن دائماً تمييز الريش المستعملة في الطورينينات الرجعية من مثيلاتها في الطورينينات الدفعية بأن البعد العمودي للفراغ المتكون بين الأولى يتناقص من الدخول الى الخروج فيما يكون هذا البعد في الثانية ثابتاً إذ أن وظيفة الأولى تحويل ضغط البخار الى سرعة فيما وظيفة الثانية تحويل اتجاه البخار فقط والطورينينات الرجعية أو الضغطية تنسب الى السير تشارلز پارسونز * ليس لانه اخترع هذا النظام ولكن لما أدخل عليه من تحسين مما أدى لنجاحه وحسن سيره كما هو مشاهد الآن .

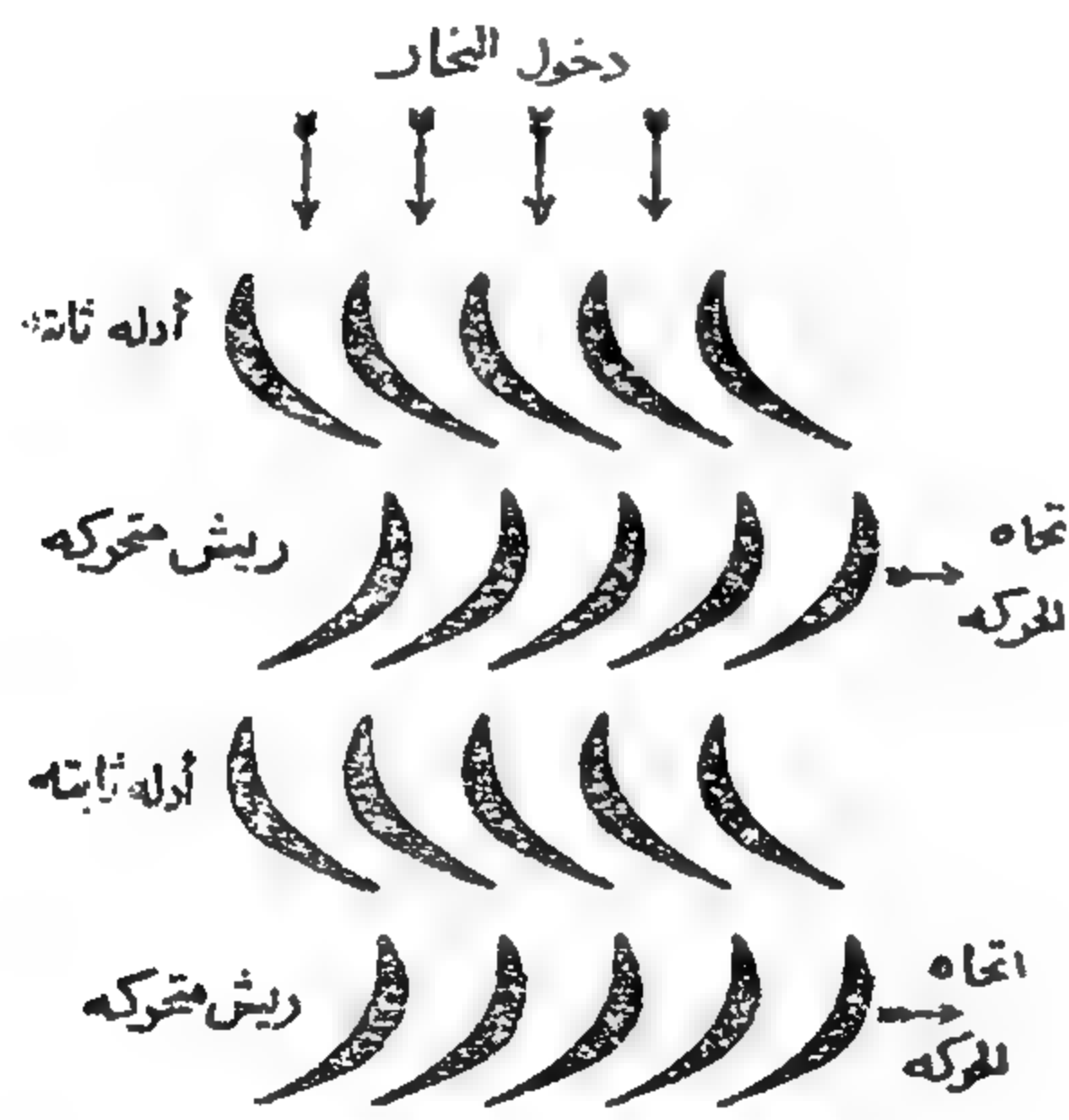
شكل ١٣١

قطاع نصفي في طورين كبير مع المولد الكهربائي والمكثف السطحي

مع المولد الكهربائي والمكثف السطحي

النظام ولكن لما أدخل عليه من تحسين مما أدى لنجاحه وحسن سيره كما هو مشاهد الآن .

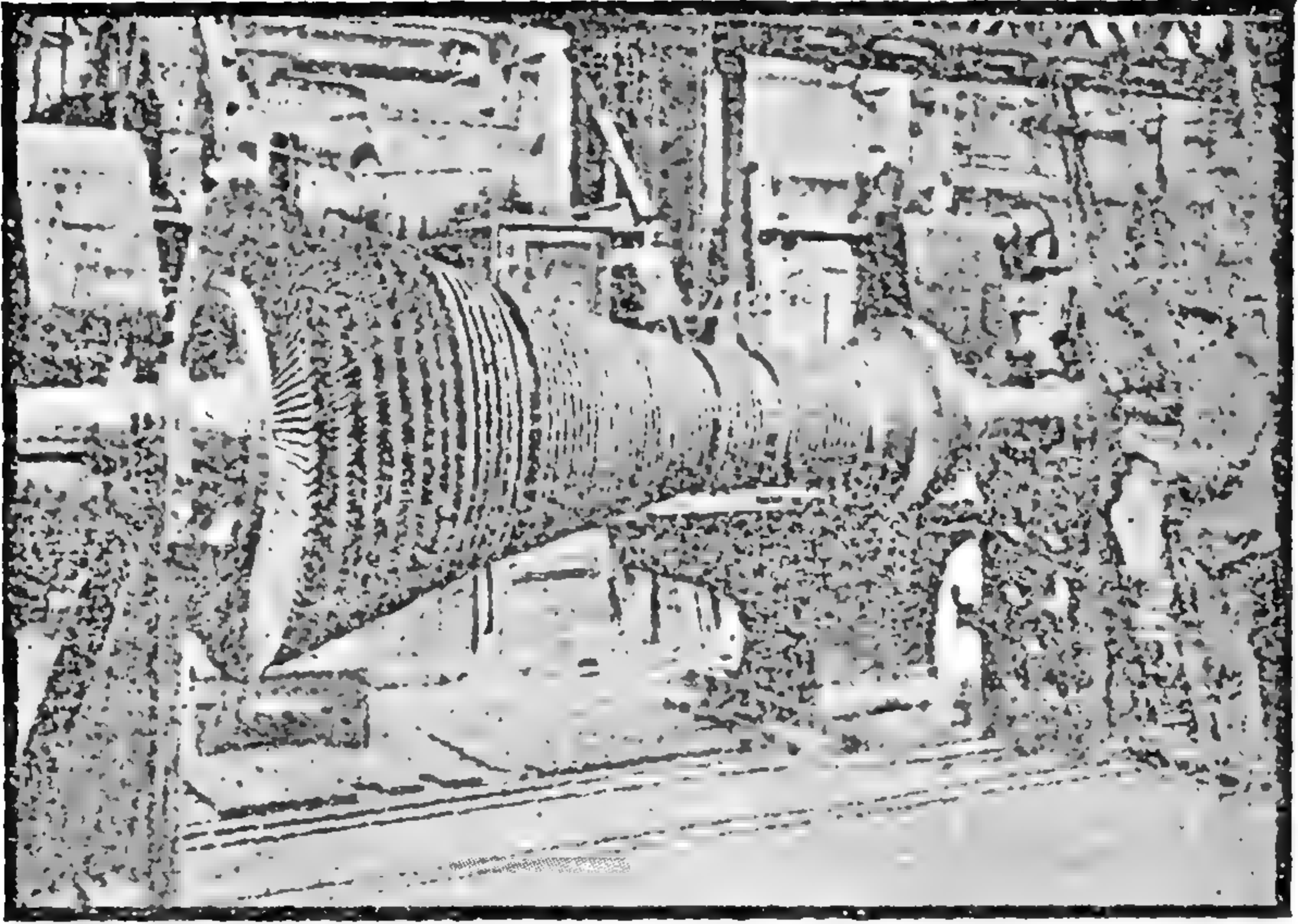
١٢٠ - طورين بارسونز - يشتمل هذا الطراز من الطوربينات البخارية على النظامين السريع والضغطي معا أذ توجد مجموعة من الريش الثابتة تحول جزءا من الطاقة الضغطية للبخار الى طاقة سرعية ويسلط البخار انفاذ من بين الريش الثابتة على الريش المتحركة فتدور العجلة الحاملة لها من قوة اندفاع البخار وفي مسير البخار من خلال الريش المتحركة يتحول جزء من طاقته الضغطية الى سرعية فيخرج البخار من خلالها بسرعة اعظم من سرعة دخوله فنزداد سرعة دوران العجلة من جراء رد الفعل المترتب على سرعة خروج البخار من خلال ريشها ويحتوى طورين بارسونز على ازواج كثيرة من الادلة الثابتة والريش المتحركة (شكل ١٣٢) وتركب الادلة الثابتة على المحيط الداخلى للغلاف بينما تربط الريش



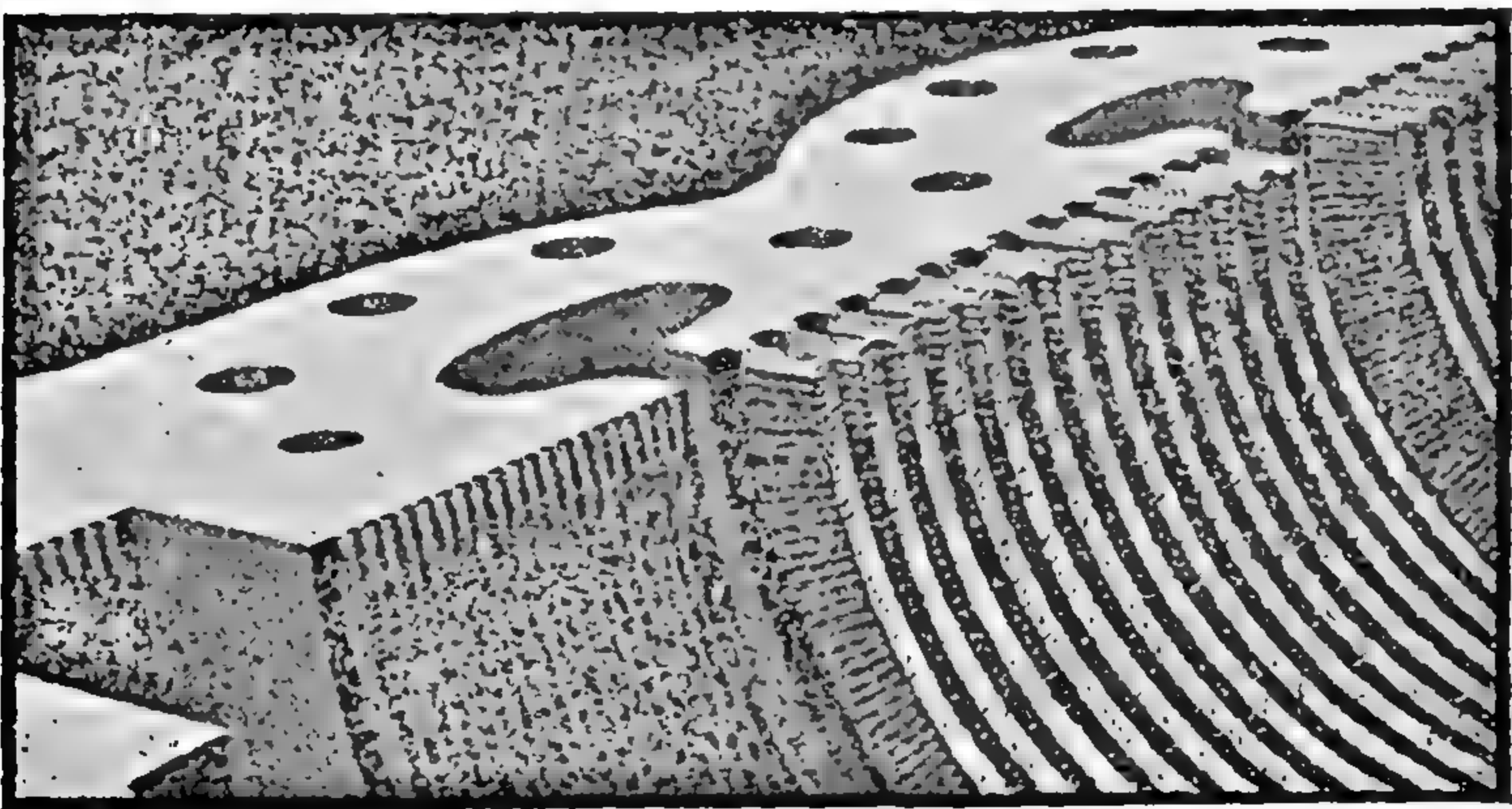
المتحركة في طارات مثبتة في عمود ادارة واحد بحيث تتخلل مجموعات الريش المتحركة بين الادلة الثابتة كما يتضح من شكلي ١٣٣ و ١٣٤ وحيث ان حجم البخار في ازدياد مستمر اثناء تمدده من مرحلة لاخرى فلكي يتسع الفراغ الذى بين الادلة وبين الريش لمروء هذا الحجم المتزايد تصنع الريش والادلة بحيث يزداد

طولها من مرحلة لاخرى بينما يحفظ البعد بين كل منها وجارها ثابتا . وفي شكل ١٣٥ يظهر الطول الذى تصل اليه الريش عند المراحل النهائية في الطورين أي قبيل انصراف البخار الى المكثف .

وأحيانا يقسم الطورين الى وحدتين او ثلاث او اربع بحيث ان البخار بعد ان يتمدد في الوحدة الاولى ينصرف الى الثانية ثم الى الثالثة ثم الى الرابعة وتسمى الوحدة الاولى أسطوانة الضغط العالى والثانية والثالثة أسطوانتي الضغط المتوسط والاخيره أسطوانة الضغط المنخفض كما في المحركات الترددية المتعددة التمدد. ويركب كل اثنتين من هذه الوحدات مقابل بعضهما لكى يتوازن الضغط

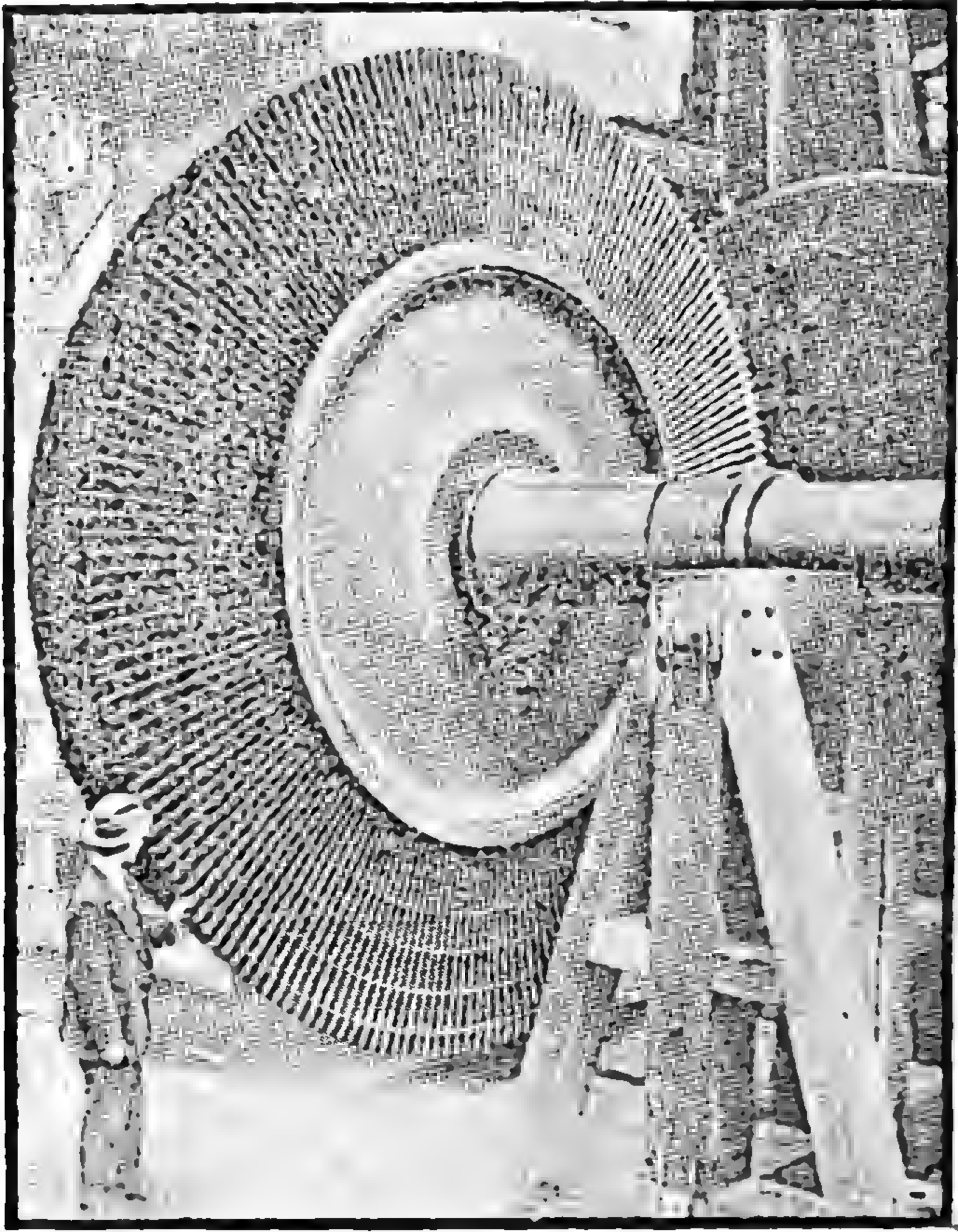


شكل ١٣٣ - عامود إدارة طورين بخاري من طراز بارسونز قدرته ٥٠٠٠ كيلوات . وقد ظهرت فيه الريش المتحركة. ويتضح تدرج طول الريش وعددها من ناحية الضغط العالي بالجهة اليمنى الى الضغط المنخفض بالجهة اليسرى من الشكل.



شكل ١٣٤ - منظر داخلي لأحدى نواح غلاف الطورين السابق الذكر . وقد ظهر الى اليمين الأداة الثابتة والى اليسار تظهر قواطع خاصة لمنع رشح البخار

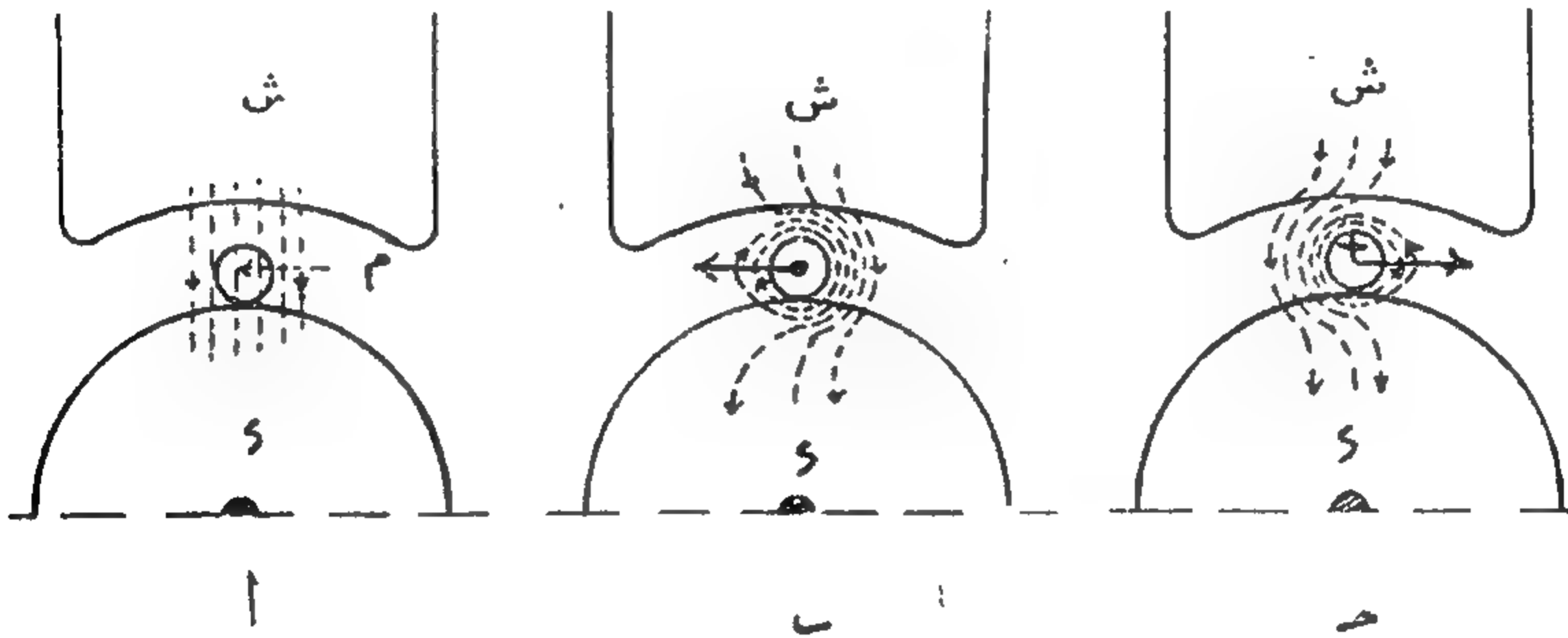
المحوري في المجموعة ولا تكون هناك ضرورة لاستعمال جلب الزنق أو أى تركيب آخر لموازنة الضغط المحوري المترتب على تأثير البخار أثناء مروره في الريش المتحركة.



شكل ١٣٥ - عجلة استواء الضغط المنخفض لطور بين بارسونز قدرته
كيلوات وتظهر فيها ضخامة الريش في المراحل النهائية .

المحركات الكهربائية

١٢١ - نظرية المحرك الكهربائي - ان اساس تركيب المحرك الكهربائي هو المبدأ الذي ينص على أنه اذا سال تيار كهربائي في موصل يعترض مجالاً مغناطيسياً بحيث يكون اتجاه الموصل متعامداً على اتجاه الخيوط المغناطيسية فان الموصل يتأثر بقوة تميل الى تحريكه في اتجاه متعامد على كل من اتجاه الخيوط واتجاه الموصل نفسه ففي شكل ١٣٦ وضع موصل م على محيط اسطوانة من الحديد المطاوع و محمولة على حاملين عند طرفيها . ويحتضن الاسطوانة في جهتين متقابلتين من محيطها قطبا مغناطيسيا يرى أحدهما في الشكل عند س فاذا لم يحمل الموصل تيارا



شكل ١٣٦ - نظرية المحرك الكهربائي

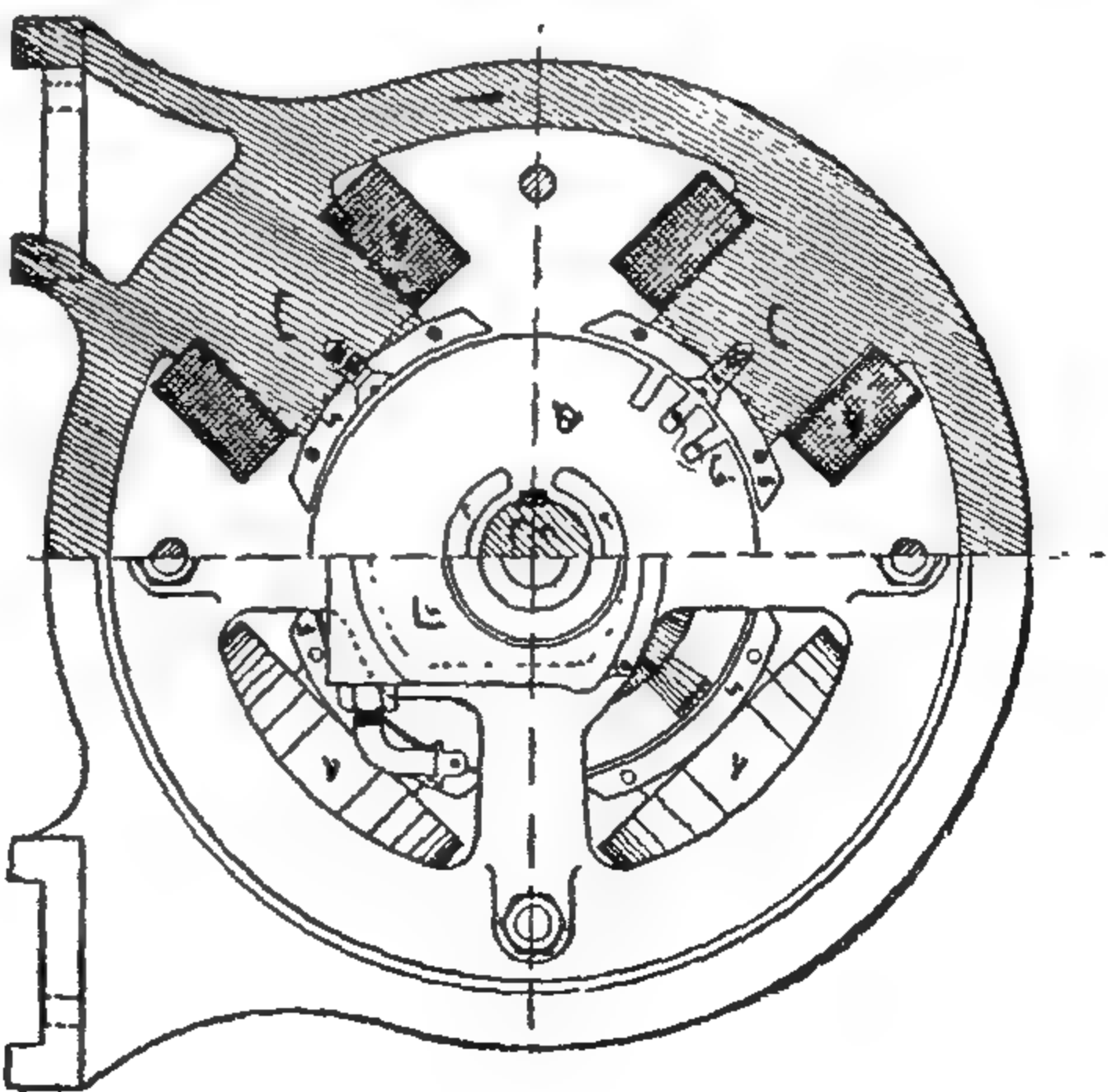
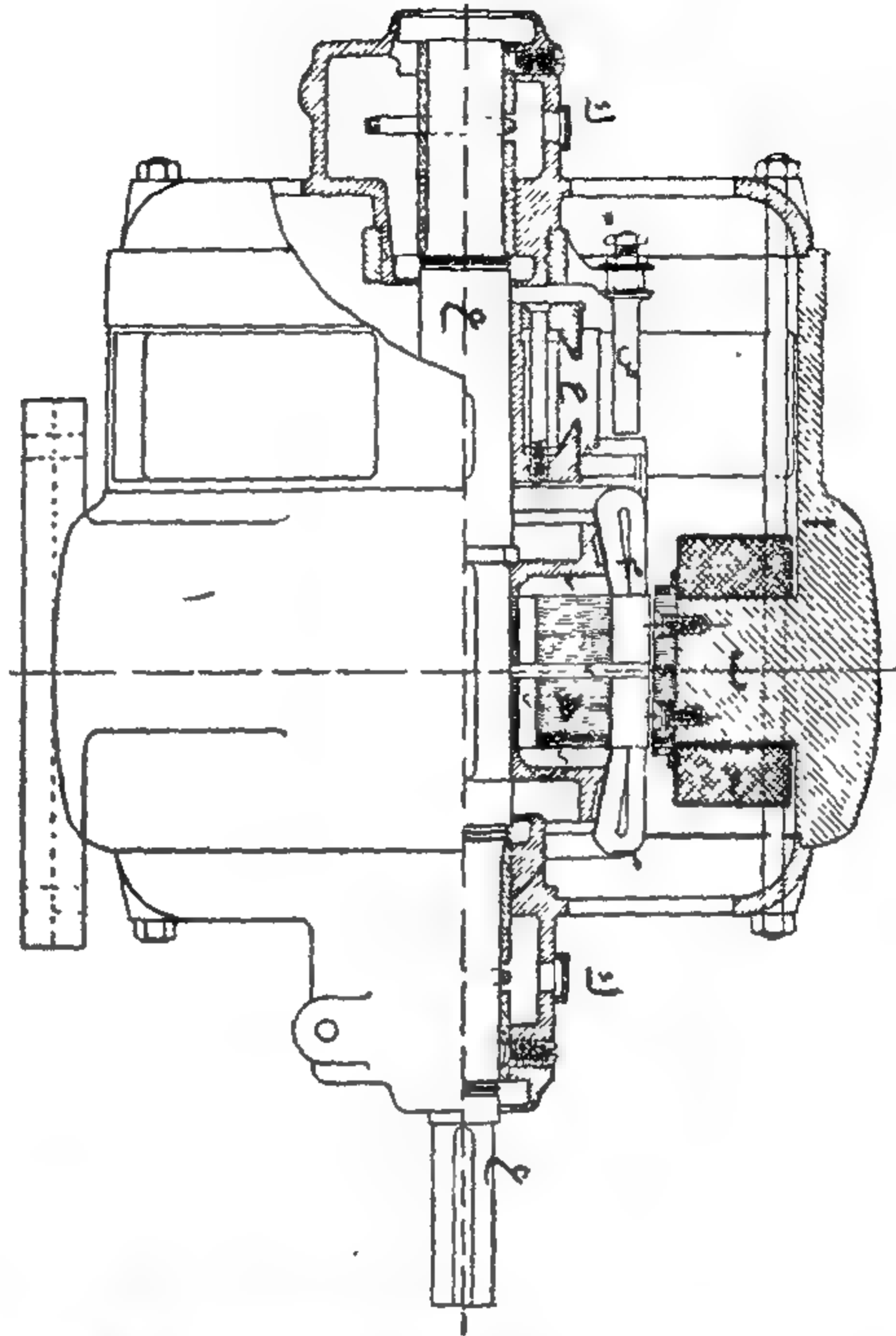
تدفقت الخيوط من القطب الشمالى الى الجنوبى مخترقة الفجوة الهوائية والاسطوانة الحديدية كما في ا وعندما يسيل تيار في الموصل وجهته نحو القاريء (ويرمز لهذه الوجهة بنقطه وأما اذا كان التيار مولياً من القاريء فيرمز لهذه الوجهة بصليب أو بعلامة X كما هو معروف) تتولد خيوط مغناطيسية او بالحري مواسير مغناطيسية تدور حول الموصل في اتجاه عقرب الساعة كما في ب . وحيث ان اتجاه المواسير المغناطيسية على يمين الموصل مماثلة لاتجاه الخيوط المغناطيسية من س فتتحول أغلب

الآخرة إلى يمين الموصل وبمعنى آخر تصبح الخيوط المغنطيسية المجال المغنطيسي، ملتوية حول الموصل . فإذا تصور القارئ أن هذه الخيوط أثناء اختراقها للفجوة الهوائية من المطاط المرن الذي لا يستقر على حالة ملتوية اتضح له كيف تؤثر على الموصل بقوة متعامدة عليه بحيث يميل إلى دفعه إلى اليسار حتى تعود الخيوط التي استقامتها . فإذا كان الموصل مثبتا في الاسطوانة لكنت نتيجة هذه القوة التماسية على الموصل إدارة الاسطوانة في حاملها . وإذا انعكس اتجاه التيار في الموصل كما في م فظاهر أن القوة الدافعة له ينعكس اتجاهها أيضا . وبالمثل إذا انعكس اتجاه تدفق الخيوط المغنطيسية وظل اتجاه التيار كما كان فإن القوة الدافعة تنعكس ولكن إذا انعكس اتجاه التيار واتجاه تدفق الخيوط المغنطيسية فذلك لا يؤثر في اتجاه القوة الدافعة .

يتضح من ذلك أنه إذا تعددت الاقطاب المغنطيسية وتعددت الموصلات على محيط الاسطوانة فلكي تكون جميع القوى المسلطة على الموصلات في اتجاه يعمل على إدارة الاسطوانة في اتجاه معين يجب أن تحفظ العلاقة بين اتجاهي التيار والخيوط المغنطيسية .

١٢٢ - تركيب المحرك الكهربائي - يتكون المحرك الكهربائي في أبسط أشكاله من غلاف اسطوانى من الزهر أ (شكل ١٣٧) مثبت به زوج أو أكثر من الاقطاب المغنطيسية ب . وتصنع هذه الاقطاب من صفائح الحديد المطاوع يلف عليها طيات عديدة ج من سلك النحاس الأحمر المعزول وتتصل جميع هذه الملفات ببعضها لتكون دائرة كهربائية تستمد تيارها من المنبع الكهربائي العام بحيث تكون الاقطاب المغنطيسية الناتجة شمال وجنوب على التعاقب . ويركب في كل من هذه الاقطاب قطعة من الحديد المطاوع تسمى ح ذاء القطب ي بحيث أن جميع هذه الأحذية تحتضن الاسطوانة المتحركة ه وتصنع هذه الاسطوانة من أقراص رفيعة من الحديد المطاوع أيضا بها فجوات عديدة و مقطوعة في محيطها بموازية محورها تركيب فيها أسلاك الاستنتاج م وهذه الاسطوانة بما في فجواتها من أسلاك

تسمى^١ « عضو الاستنتاج » وتتصل هذه الاسلاك ببعضها من الخلف بطريقة خاصة أما من الامام فتتصل بما يسمى « عضو التوحيد » ع وهو عبارة عن قطع



شكل ١٣٧ - محرك كهربائي بسيط قدرته ١٥ حصانا على ٦٠٠ لفة في الدقيقة

- | | | |
|----------------------|-------------------------|-------------------|
| ع - عضو التوحيد | هـ - عضو الاستنتاج | ١ - حامل الاقطاب |
| س - حامل الفرش | ب - مجايف عضو الاستنتاج | ٢ - الاقطاب |
| ع - عابود الاداره | ر - أسلاك عضو الاستنتاج | ح - ملفات الاقطاب |
| ك - الكراسي الرئيسية | و - فراغ للترويه | و - أحذية الاقطاب |

من النحاس الاحمر مرصوفه بجوار بعضها دائريا ولسكنها معزولة عن بعضها كهربائيا بواسطة صفائح رقيقة من الميكا . وطبيعي أن يكون عضو التوحيد متباً

في عضو الاستنتاج وكلاهما مثبت على عمود إدارة ع محمول على حامليين ك وتستمد أسلاك عضو الاستنتاج تيارها الكهربائي بواسطة زوج أو أكثر من فرش من الكربون مثبتة في المسامير بحيث لمس عضو التوحيد وتوصل هذه الفرش بالمنبع العام للتيار .

ولادارة المحرك يسمح بمرور التيار الكهربائي الى اقطابه وأسلاك عضو الاستنتاج تدريجيا ولهذا الغرض تعترض الدورة الكهربائيه علاوة على قاطع التيار المعتاد وأجهزة الوقاية ما يسمى «مقوم» وهو عبارة عن مقاومة كهربائية مجزأة يتحرك عليها ذراع بحيث أن هذه الاجزاء تحذف تدريجيا من الدورة حتى نهايتها .

١٢٣ - أنواع المحركات الكهربائيه . تقسم المحركات من حيث التيار المستعمل في أدارتها الى نوعين (أ) محركات التيار المستمر (ب) محركات التيار المتردد . ومحركات التيار المستمر على ثلاثة أنواع تختلف باختلاف نظام اتصال التيار الوارد للاقطاب بالنسبة للتيار الوارد لعضو الاستنتاج : —

١ - المحركات التوازيه وفيها يكون اتصال دورتي الاقطاب وعضو الاستنتاج بالمنبع على التوازي

ب - المحركات التواليه وفيها يكون الاتصال على التوالي

ج - المحركات المركبه حيث يكون الاتصال خليطا من التوازي والتوالي

ومحركات التيار المتردد على نوعين بحسب عدد أوجه التيار المتردد الذي يغذيها :

١ - المحركات ذات الوجه الواحد ويرد اليها تيار ذو وجه واحد

ب - المحركات المتعددة الاوجه ويغذيها تيار ذو ثلاثة أوجه عادة

ومن حيث نظام اتصال ملفات الاقطاب وعضو الاستنتاج تنقسم المحركات الترددية الى ثلاثة أقسام : —

١ - المحركات التوافقية وهذه لا تدور الا بسرعة معينه تعين بمعدل تردد التيار الوارد .

ب - المحركات التأثيرية ويجب أن يكون التيار الذي يغذيها متعدد الاوجه

ج - المحركات ذات أعضاء التوحيد وهي تشبه محركات التيار المستمر في تركيبها

ولا يتسع المقام هنا للتطويل في شرح هذه المحركات ولا ليراد الانواع الاخرى للمحركات الكهربائيه .

الفصل التاسع

آلات متنوعة

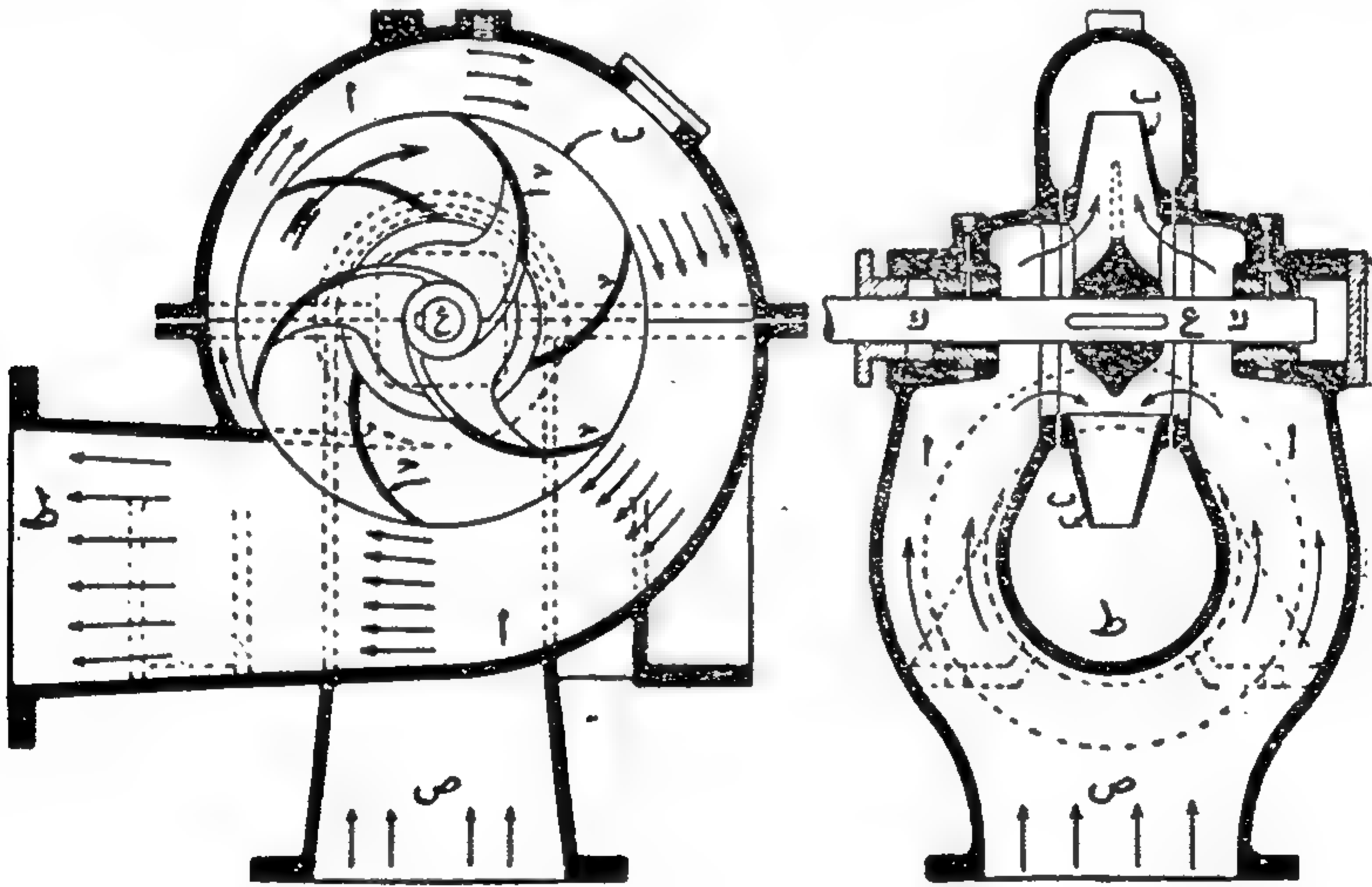
١٢٤ - الطلمبات والضواغط - هي آلات وظيفتها الأساسية تزويد أي مادة أما بطاقة تحركية أو ضغطية أو كلاهما معا بأستهلاكها للطاقة الميكانيكية . أذن فالطلمبة معكوسة المحرك أذ بينما تتحول الطاقة الحرارية المدخلة في الوقود الى طاقة ميكانيكية في المحرك يحدث العكس في الطلمبة أذ فيها تتحول الطاقة الميكانيكية الى طاقة يمكن أذخارها في أي عنصر من العناصر فإذا كانت هذه من النوع الوضعي كما يحدث في رفع الماء من مستو منخفض الى مستو أعلا سميت طلمبة . وإذا كانت الطاقة من النوع الضغطي سميت ضاغط كما في ضواغط الهواء . والشائع أن تطلق كلمة طلمبة على ما كان منها خاصا بالسوائل وكلمة ضاغط على ما كان منها خاصا بالغازات أو خليط من السوائل والغازات بصرف النظر عن نوع الطاقة الممكنة .

ويمكن تقسيم الطلمبات والضواغط الى فرعين رئيسيين بحسب نوع حركتها أحدهما دوراني والآخر ترددي . فالنوع الأول هو في الغالب معكوس الطوربين ويسمى طلمبات أو ضواغط مروحية والنوع الثاني معكوس المحرك الترددي . ويسمى طلمبات أو ضواغط ترددية ويستعمل النوع الدوراني عندما يكون مدى الرفع أو الضغط صغيرا ونجال استعماله واسع النطاق جداً فتستعمل الطلمبات المروحية في أعمال الري والصرف وفي أغراض شتى في دور توليد القدرة (لأحداث دورة مياه التبريد لمحركات الاحتراق الداخلي وللمكثفات وضواغط الهواء وبالجملة لنقل الماء من جهة لأخرى) ومراوح التهوية ومنافخ الهواء المستعملة لطلاء كوار وبواق صب الزهر ومراوح سحب غازات الاحتراق من المراحل -

كل هذه أمثلة من النوع الدوراني للطلّعات والضواغط أما النوع الترددي فيستعمل عندما يكون مدى الرفع أو الضغط عظيماً مثال ذلك مضخات إطفاء الحريق وطلّعات تغذية المراجل بالماء وطلّعات تغذية المضاعد والمكبّس المائية والآلات الكبيرة المستعملة لتجربة المواد وضواغط الهواء وضواغط النشادر وحمض الكربونيك المستعملة للتبريد وصنع الثلج وهلم جرا . ولا يتسع المقام ألا لشرح موجز لأربع أمثلة هي طلمبات الماء المروحية - طلمبات الماء الترددية - ضواغط الهواء - ضواغط النشادر والأجهزة الملحقة بها لأعمال التبريد الصناعي .

١٢٥ - الطلمبات المروحية - بسيطة التركيب جداً إذ تتكون من

قطعتين أساسيتين (شكل ١٣٨) : غلاف ثابت «أ» تدور داخلة مروحة «ب» مقسمة



شكل ١٣٨ - طلمبة مروحية من صنع شركة ألن بأنجلترا

إلى عدة شقوق بواسطة الريش «ج» وتستدعي طبيعة عمل الطلمبة أن يكون الحيز المحصور بين المحيط الخارجي للمروحة والجدار الداخلي للغلاف حلزوني أي أن مساحة قطاعه العمودي تزداد تدريجياً . ولا بتداء الطلمبة في العمل يجب أن تملأ بالماء أولاً فعند إدارة المروحة تعمل القوة المركزية الطاردة على طرد الماء من بين الريش نحو الفراغ الحلزوني في الغلاف حيث يتأثر بدوران الريش ويدور

نحو المخرج أو ماسورة الطرد «ط» والفراغ الناتج من خروج الماء من بين الريش يعمل على سحب كمية أخرى من خلال ماسورة المص «ص» التي تتصل بالطلمبة عند الحيز المركزي وهذه تنطرد الى المخرج ليحل محلها كمية أخرى وهكذا باستمرار. والغالب ان تكون ماسورة المص أكبر قليلا من ماسورة الطرد ويتعين حجم الطلمبة وكمية تصرفها عند رفع معين من قطر ماسورة الطرد. فمثلا يقال لطلمبة ما أنها ٦ على ٨ او ١٠ على ١٢ بمعنى أن قطر ماسورة الطرد ست بوصات والمص ثمان بوصات أو عشرة بوصات واثنى عشر بوصة على التناظر. وحيث أنه لرفع معين تتعين سرعة الماء عند خروجه من ماسورة الطرد فيمكن أذن معرفة تصرف أي طلمبة بمعلومية مدى الرفع وقطر ماسورة الطرد. والجدول الآتي يبين كمية التصرف والسرعة التي يجب إدارة الطلمبة بها والقدرة اللازمة لادارتها عند ما يتعين الرفع وقطر ماسورة الطرد بالنسبة للطلمبات التي تصنعها شركة أليس تشالمرز بأنجلترا.

الرفع بالمتر						القطر الداخلي لماسورة الطرد بالبوصة
١٢	١٠	٨	٥	٣		
٨	٣	٢,٢٥	١,٠٠	٠,٧٥	القدرة	٣
٧٠	٥٠	٤٦	٣٥	٢٩	التصرف	
١٥٥٠	١١٠٠	١٠٠٠	٧٧٥	٦٣٠	السرعة	
٤٠	١٤	١١	٥,٠٠	٣,٠٠	القدرة	٦
٣٩٠	٢٧٠	٢٥٠	١٩٠	١٦٠	التصرف	
٦٦٠	٤٧٠	٤٢٥	٣٣٠	٢٧٠	السرعة	
٦٢	٢٢	١٧	٨,٠٠	٤,٥	القدرة	٨
٦٠٠	٤٣٠	٣٩٠	٣٠٠	٢٥٠	التصرف	
٥٦٠	٤٠٠	٣٦٠	٢٨٠	٢٣٠	السرعة	
٧٧	٢٧	٢١	٩,٥	٥,٥	القدرة	١٠
٧٩٠	٥٦٠	٥١٠	٣٨٠	٣٢٠	التصرف	
٥٠٠	٣٥٠	٣٢٠	٢٥٠	٢٠٠	السرعة	
١٠٦	٣٨	٢٨,٥	١٣,٥	٧,٥	القدرة	١٢
١٠٤٠	٧٧٠	٧٠٠	٥٥٠	٤٤٠	التصرف	
٤٤٠	٣٢٠	٢٨٠	٢٢٠	١٨٠	السرعة	

القدرة بالحصان والتصرف بالمتري المكعب في الساعة والسرعة باللفة في الدقيقة

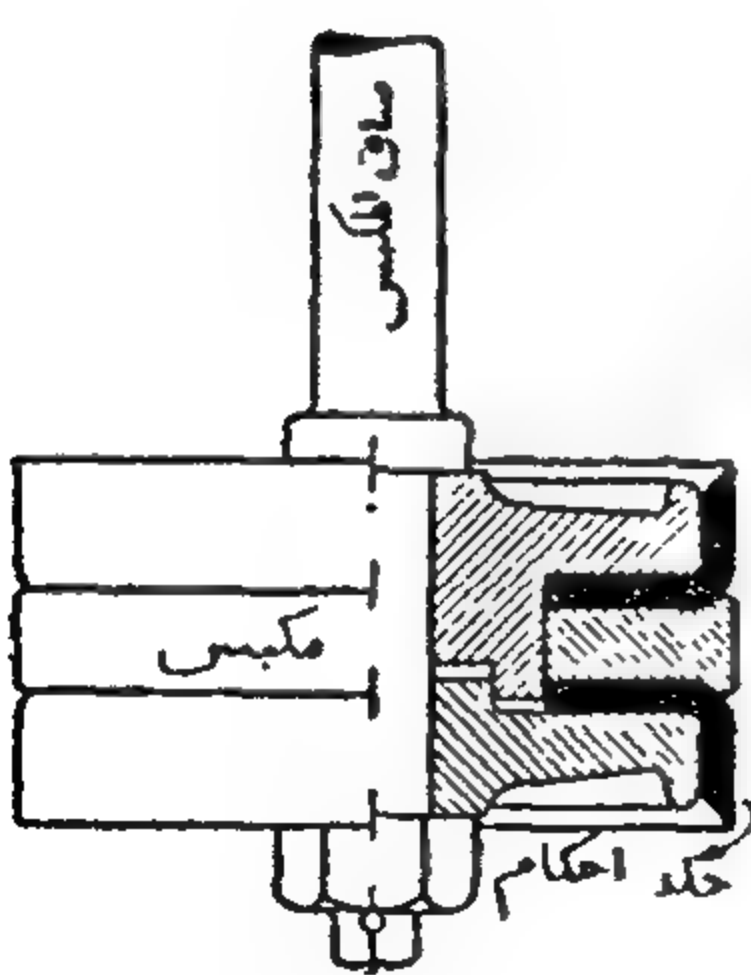
١٢٦ - الطلمبات الترددية للسوائل - تتكون هذه الطلمبات من أسطوانة من الزهر يتحرك فيها مكبس بحركة ترددية مستمدة أما من مرفق وذراع توصيل أو من مكبس محرك بخاري رأساً ويتحكم في دخول السائل عند شوط المص وخروجه عند شوط الكبس صمامات أتوماتيكية تفتح وتغلق بتأثير الضغط في الاسطوانة . ويمكن تقسيم الطلمبات الترددية الى ثلاث أقسام بحسب شكل المكبس المستعمل :

أ - الطلمبات ذات المكبس ويستعمل فيها مكبس أصم محكم بين جدران الاسطوانة الداخلية .

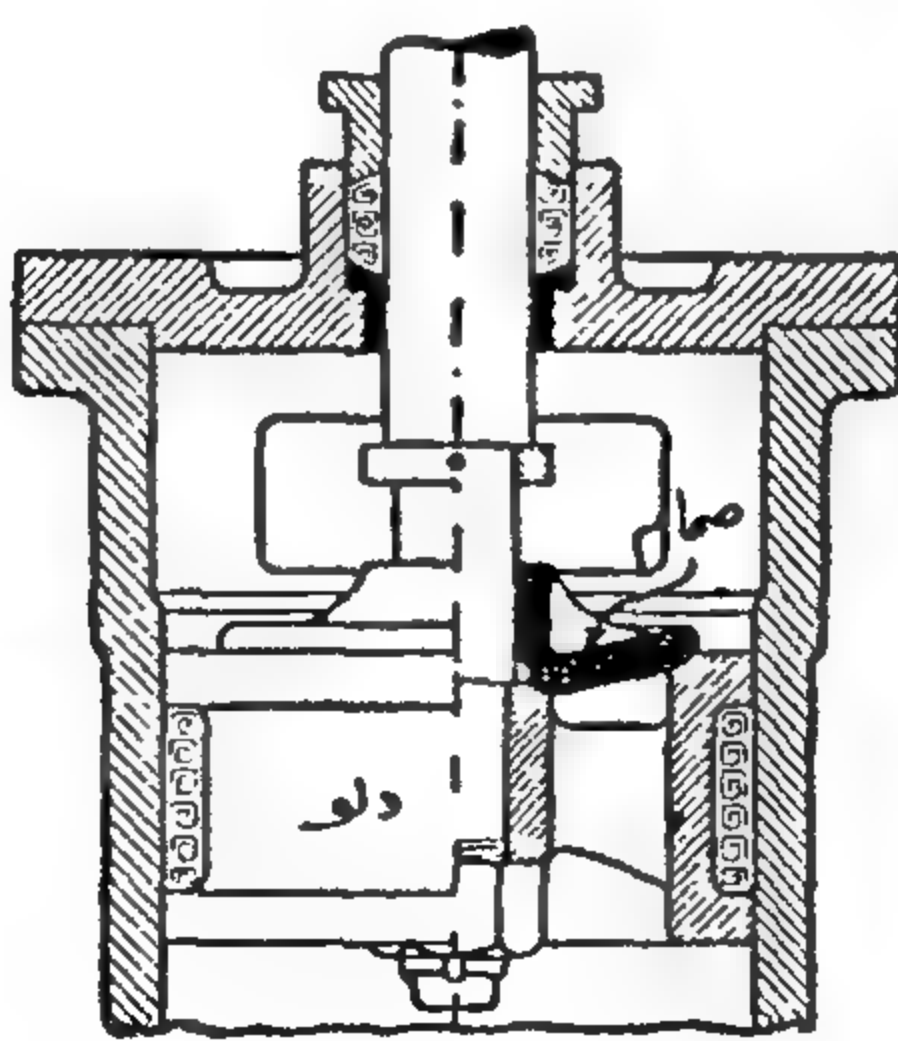
ب - الطلمبات ذات الدلو ويستعمل فيها مكبس محكم ولكن به صماما يسمح بنفاذ السائل .

ج - الطلمبات ذات الغطاس وفيها تتحرك أسطوانة صماء تسمى الغطاس قطرها الخارجي أقل من القطر الداخلي للأسطوانة الثابتة .

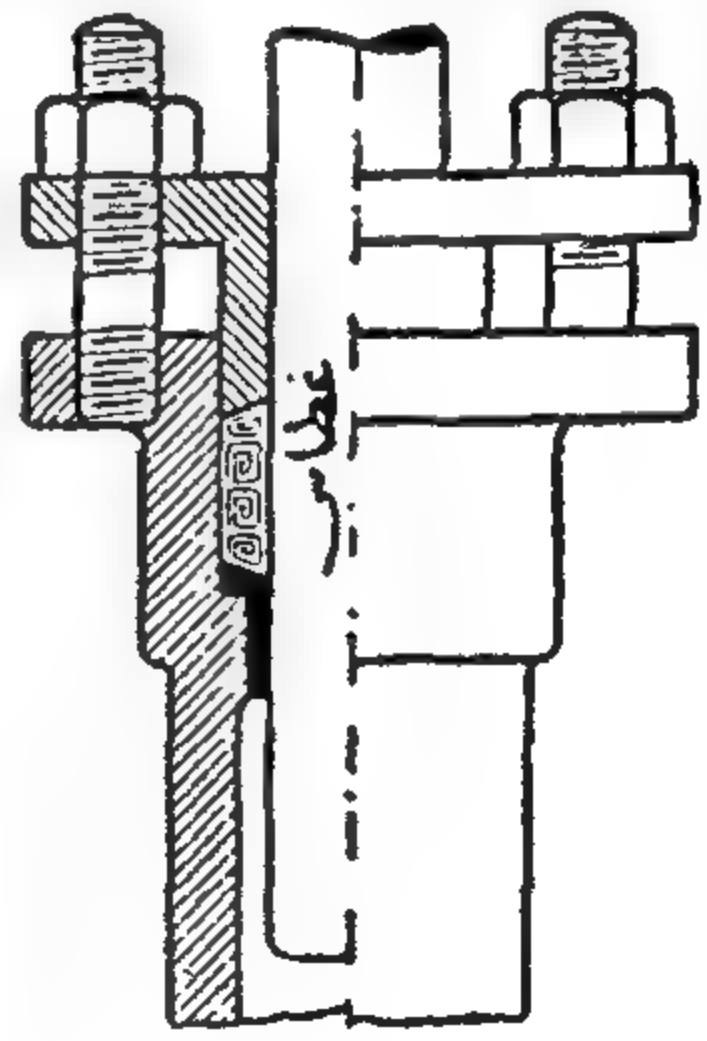
والاشكال من ١٣٩ الى ١٤١ تبين الفرق بين الانواع الثلاثة للمكابس . ولكل من هذه الانواع استعماله الخاص فتستعمل الطلمبات ذات الدلو في العاده عندما يكون المراد مص كميات قليلة من الماء من عمق ليس بعيد بدون رفع . وخير



شكل ١٣٩



شكل ١٤٠

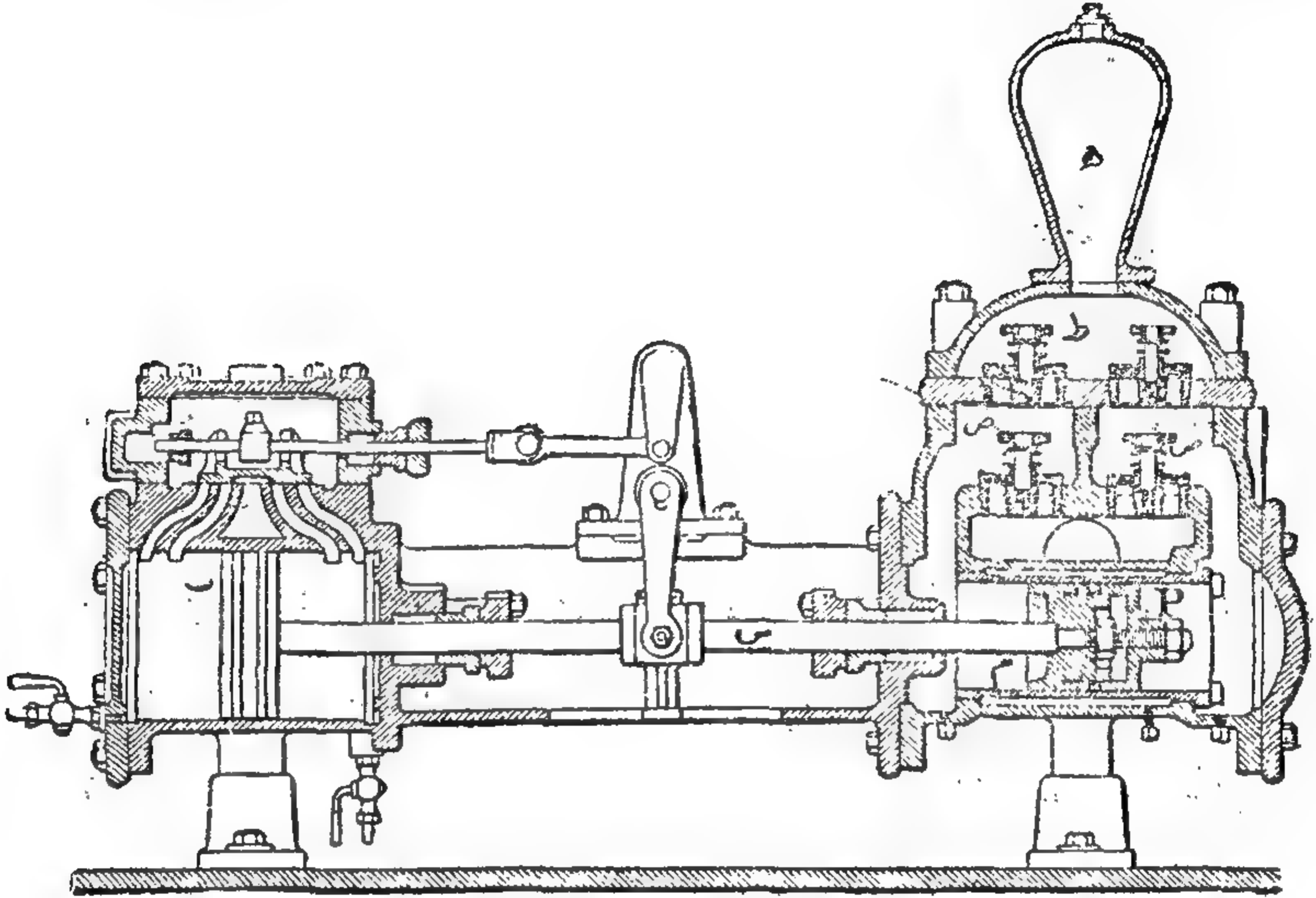


شكل ١٤١

أنواع المكابس المختلفة للطلمبات

مثال يشاهد كثيرا في مصر هي طلمبة اليد البسيطة المستعملة لرفع الماء من الآبار الارتوازية . وتستعمل الطلمبات ذات المكابس لمص الماء من أعماق قليلة ولكن

يراد ضغطه لضغوط أو ارتفاعات عالية نوعاً ما وتستعمل كثيراً لتغذية المراحل بالماء وشكل ١٤٢ يبين قطاعاً طولياً في طلمبة تغذية من صنع شركة تانجي وفيها تتصل مكابس الماء م بالمكابس البخارية ب مباشرة بواسطة الساق المشترك س وتصنع هذه الطلمبات في الغالب مزدوجة الفعل بمعنى أنه بينما يكون أحد أوجه

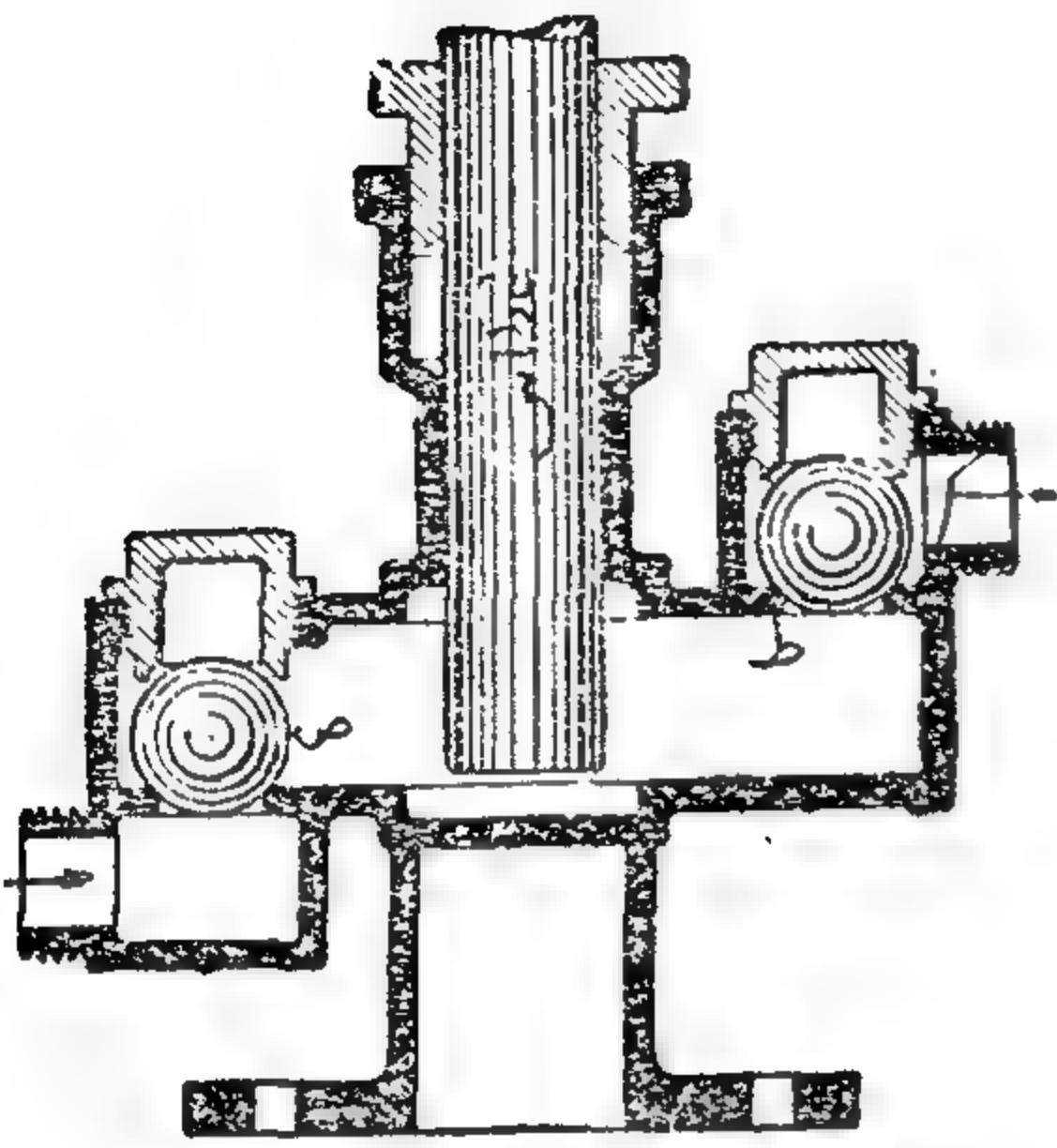


شكل ١٤٢ - طلمبة لتغذية المراحل من صنع شركة تانجي

المكبس ماصاً للماء يكون الوجه الثاني كابساً له في الشوط الواحد . لذلك توجد أربعة صمامات على الأقل لكل أسطوانة مائية اثنين لكل من جانبيها أحدها للمص م والآخر للطرد ط . والصمامات المائية الأتوماتيكية غاية في البساطة إذ تتكون من قرص من الجلد أو الكاوتشوك مثبت من الوسط ويغطي شبكة مستديرة ينفذ منها الماء فيرفع جوانب القرص وينفذ من الفراغ الحلقى المتكون . وتجهز أغلب الطلمبات الترددية ذات الضغط العالي بأناء هوائي ه ينفذ اليه الماء عند الطرد وينضغط فيه الهواء المحبوس وذلك حيلة مما عساه أن يحدث من الكسر إذا زاد ضغط الماء عن حد مقرر وأيضاً لتنظيم كمية الماء المغذاه .

وعندما يكون المراد رفع كمية صغيرة من سائل الى ضغط هائل تستعمل الطلمبات ذات الغطاس وشكل ١٤٣ يبين طلمبة من هذا النوع لتغذية زيت

الوقود في محرك ذي احتراق داخلي . وهنا تتخذ الصمامات شكل كرات من الصابون ط تغطي فتحات مستديرة وتحفظ الكرات في أمكتتها كما يضبط مدى فتحها بواسطة صواميل خاصة .

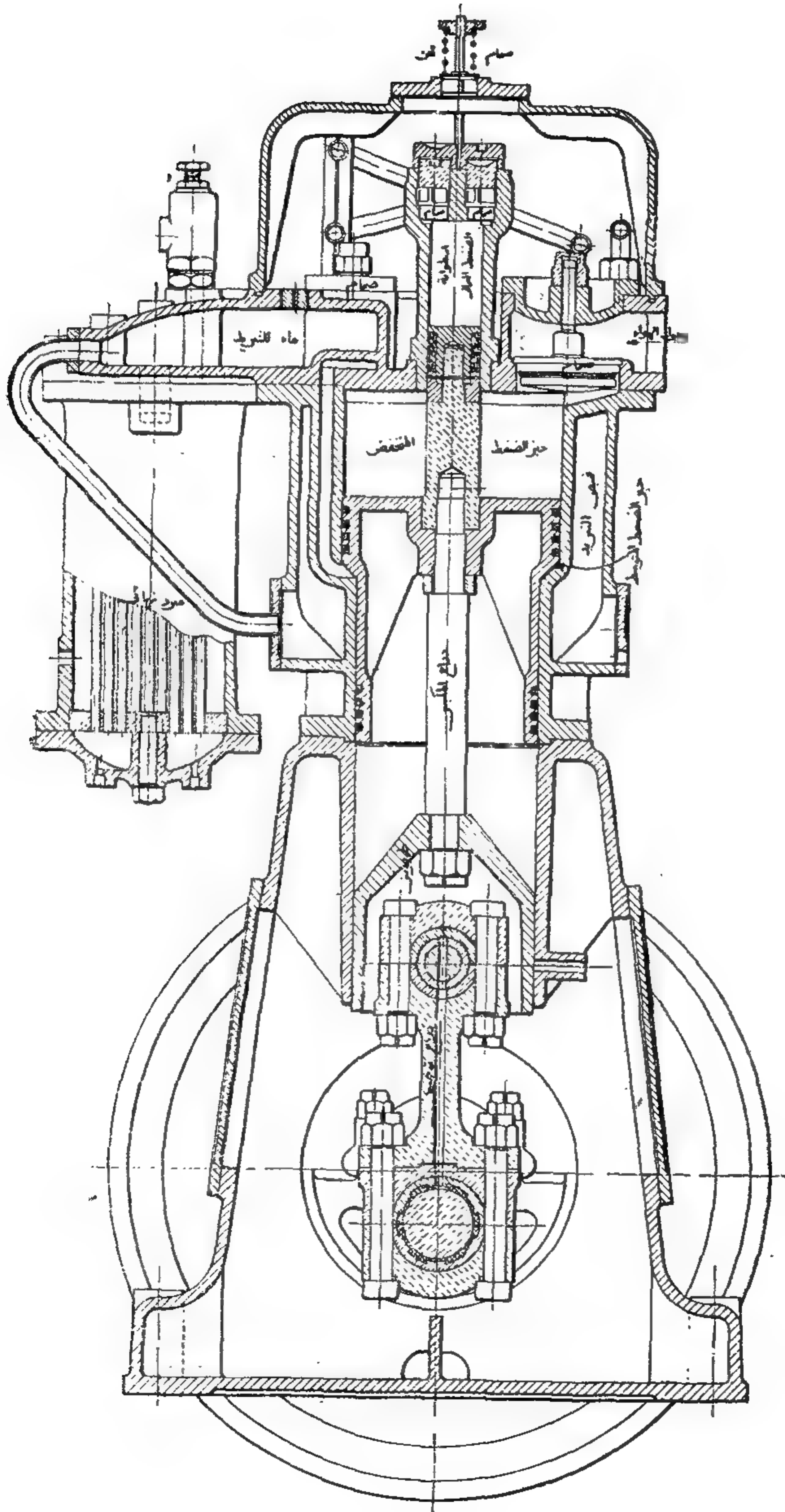


شكل ١٤٣ - طلمبة ذات غطاس لتغذية الوقود في محرك

١٢٧ - ضواغط الهواء -

يستعمل الهواء المضغوط في إدارة محركات هوائية خاصة في المناجم حيث ينتفع بالهواء المنصرف للتهوية وخوفاً من أخطار الحريق التي ربما ينجم عن استعمال أنواع المحركات الأخرى . ويستعمل الهواء المضغوط أيضاً في إدارة بعض أنواع العدد والآلات المستعملة

في الورش مثل المثاقيب وآلات البرشام ومرازب الحدادة والآلات الميكانيكية كما أنه يستعمل أيضاً في تشغيل الآلات الخاصة بالأعمال الانشائية مثل الأزاميل الميكانيكية لتكسير الأسفلت والخرسانة في الطرق الرئيسية ولنحت أحجار البناء وهلم جرا . ويضغط الهواء الى مايقرب من ثمان أجواء في ضواغط هوائية ماهي آلات طلمبات ماصه كابسه . وشكل ١٤٤ يبين ضاغط هوائي ثابت من صنع شركة ريفل لا يصعب على القاريء تفهم طريقة عمله من الرسم . وتختلف ضواغط الهواء عن الطلمبات المائية في ضرورة تبريد الهواء أثناء ضغطه في الاسطوانة وكذا قبل نفاذ الهواء المضغوط الى مستودعه . وتبرد الاسطوانات بقميص مائي كالمستعمل في محركات الاحتراق الداخلي يضاف الى ذلك في بعض الاحيان حقن قليل من الماء البارد داخل الاسطوانة نفسها . وتستعمل مبردات سطحية تشبه كثيراً مكثفات البخار السطحية في احتوائها على عدد عظيم من المواسير النحاسية الرفيعة لتبريد الهواء بعد ضغطه . ولا اعتبارات حرارية ترمى للاقتصاد في صرف القدرة المحركة للضاغط تقسم عملية ضغط الهواء الى مراحل يتوقف عددها على الضغط



شكل ١٤٤ - ضاغط هوائي ثابت ذو ثلاث مراحل من صنع شركة ريفل

النهائي المطلوب ففي ضاغط الهواء لمحرك ديزل مثلا حيث يربو الضغط المطلوب على ستين جوا يختلف عدد المراحل من ثلاث الى أربع أما للضغوط المستعملة للمحركات والآلات الصناعية فلا يزيد عدد المراحل عن اثنين أو ثلاث على الأكثر .

١٢٨ - آلات التبريد - تشغل أنظمة التبريد الاصطناعي على إحدى

نظريتين أو على النظريتين معا : -

أ - إذا تمدد غاز مضغوط من ضغط عال الى ضغط منخفض وكان هذا التمدد مصحوبا بتأدية شغل فأما أن درجة حرارة الغاز نفسه تهبط إذا كان محفوظا في حيز معزول أو أنه يمتص الحرارة مما حواله إذا لم يكن محصورا بمادة عازلة للحرارة .

ب - إذا تبخر سائل بدون أن يسلط عليه منبع حرارة خارجي فإنه يمتص الحرارة اللازمة لهذا التبخر مما حواله من مادة .
أذن يتبع نظام التبريد الاصطناعي الخطوات الآتية : -

(١) يضغط غاز أو مخلوط من سائل وبخاره في ضواغط خاصة الى مدى يتوقف على الخواص الحرارية والطبيعية للمادة المضغوطة التي تسمى وسيط التبريد وعلى درجة البرودة المطلوبة .

(٢) يبرد الغاز أو السائل المضغوط الى ما يقرب من درجة الحرارة الجوية في مبردات مائية أو هوائية .

(٣) يسمح لوسيط التبريد بالانتشار في أنابيب ملتوية موضوعة في السائل أو الغرفة المراد تبريدها وبذلك أما أن يتمدد الغاز أو يتبخر السائل وفي كلتي الحالتين تنخفض درجة حرارة المادة المحيطة بالانابيب .

(٤) يعاد الوسيط الى الضاغط وتكرر الدورة .

والمواد المستعملة كوسيط للتبريد في الآلات الحديثة هي الهواء أو النشادر (NH_3) أو حمض الكربونيك (CO_2) أو ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) ولكل من هذه المواد خواص تجعلها أصح من الأخرى لظروف معينة .

والآلات التبريد الهوائية لا يكلف وسيطها شيئاً كما أنه لا يؤذي أحداً من العمال ولا يتلف المعادن ولكن الآلات تشغل حيزاً كبيراً وجودتها أقل من غيرها ولا يمكن الوصول إلى درجات حرارة دنيئة باستعماله لذلك فقد أصبحت الآلات الهوائية نادرة الاستعمال .

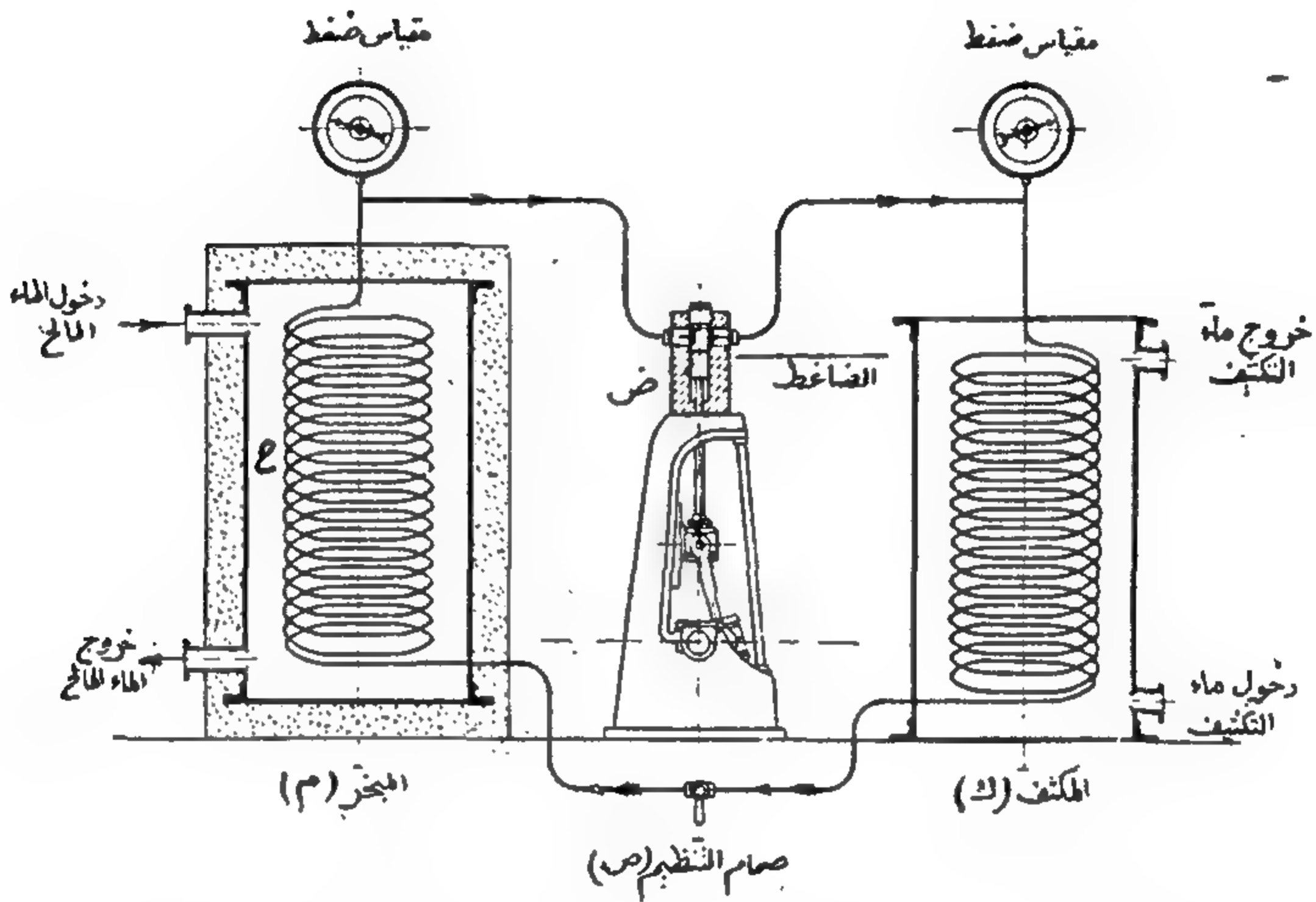
والآلات صمغى الكربونيك تمتاز بصغر حجمها وعلو جودتها ورخص وسيطها وأمكان الوصول إلى درجات حرارة دنيئة ولكنها تحتاج إلى ضغوط عالية جداً (ما يقرب من ٧٠ جوا) لذلك فهي لا تستعمل إلا في المراكب البحرية للركاب لأهمية الاقتصاد في الحيز الذي تشغله الآلات .

والآلات ثمانى أكسير الكبريت عالية الجودة وسهلة التشغيل وضغوطها بخفيفة ولو أن من وسيطها خطر على المعادن أذ بتفاعله مع الهواء وأختلاطه بالماء يتكون حمض الكبريتيك الشديد الفتك بالمعادن ولكن بأخذ التحوطات الكافية يمكن تقليل هذا الخطر إلى حد بعيد لذلك فتستعمل هذه الآلات في خزانات التبريد المنزلية (التلاجات الكهربائية شكل ١٤٦) وفي مصانع الثلج والتبريد الصغيرة .

والآلات النشادر هي أعم الآلات استعمالاً ويمكن القول بأن ٨٠٪ من التبريد الصناعي يستخدم فيه النشادر كوسيط التبريد وذلك لعلو جودة الآلات وسهولة أدارتها وطفافة الاخطار التي ربما تنشأ من استعمال النشادر .

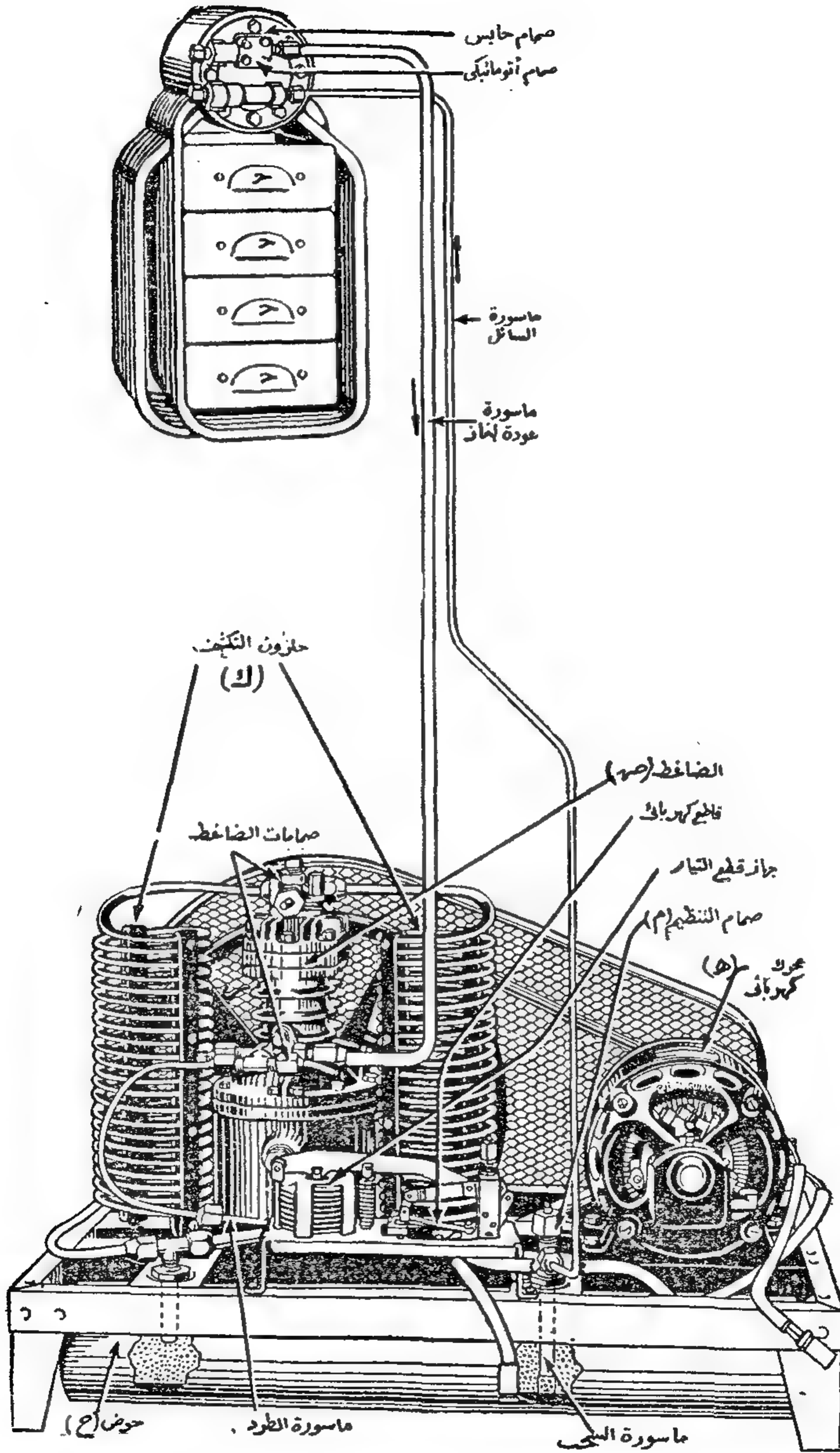
وشكل ١٤٥ يبين نظاماً للتبريد الصناعي بواسطة حمض الكربونيك وفيه تضغط كمية من غاز ثمانى أكسيد الكربون في الضاغط (ص) إلى ما يقرب من ٧٠ كج على السنتيمتر المربع ثم يبرد الغاز المضغوط في المبرد المائى (ك) إلى ما يقرب من درجة الحرارة الجوية ويسمى المبرد هذا في أغلب الأحيان مكثفاً لأن جزءاً كبيراً من الغاز المضغوط يتكاثف فيه إلى سائل . يلي ذلك الخطوة الثالثة من دورة التبريد وهي السماح للمادة المضغوطة بالانتشار أو التخلخل من خلال

صمام التنظيم (م) الى المبخر (م) . وفي انتشار المادة داخل الأنبوبة الحازونية (ع) تمتص الحرارة من السائل المحيط بها وفي غالب الاحوال يكون هذا السائل عبارة عن محلول مشبع من الماء والملح منعاً لتجمده على درجات الحرارة المنخفضة . ويستخدم محلول الماء والملح هذا في تبريد ما يراد تبريده كصنع الثلج مثلاً أو تبريد الاطعمة المحفوظة وهلم جرا .



شكل ١٤٥ - نظام التبريد الاصطناعي بواسطة ثاني اكسيد الكربون

وشكل ١٤٦ يبين نظام التبريد بواسطة ثاني أكسيد الكبريت في الثلاجات المنزلية التي اصبحت استعمالها منتشرة في أنحاء العالم المتمدن وتتكون من ضاغط (م) يدار بواسطة محرك كهربائي صغير (هـ) تنضغط فيه كمية من ثاني أكسيد الكبريت المحفوظ في الحوض (ع) وتبرد المادة بعد أنضغاطها في الانابيب الحازونية (ك) بواسطة تيار هوائي من المروحة (ر) وتنظم كمية المادة التي يسمح بانتشارها في انابيب التبريد بواسطة نظام أوماتيكي يعمل على قطع التيار الوارد للمحرك عندما يهبط الحرارة الى الدرجة المطلوبة . وتوضع هذه المجموعة في أسفل الخزانة وتوصل المادة المبردة الى انابيب تحيط بأدراج صغيرة (ح) في أعلا الخزانة يصنع داخلها مكعبات الثلج بتجمد الماء النقي داخلها ثم يسمح للمادة بعد ذلك بدورة ملتوية حول جدران الخزانة لتبريد الاطعمة والفاكهة المحفوظة فيها قبل عودتها نهائياً الى الحوض (ع) حيث تنتهي الدورة .



شكل ١٤٦ - نظام التبريد في الثلاجات المنزلية

١٢٩ - آلات الرفع تنقسم آلات الرفع بالنسبة للقوة المحركة لها الى خمسة أقسام : -

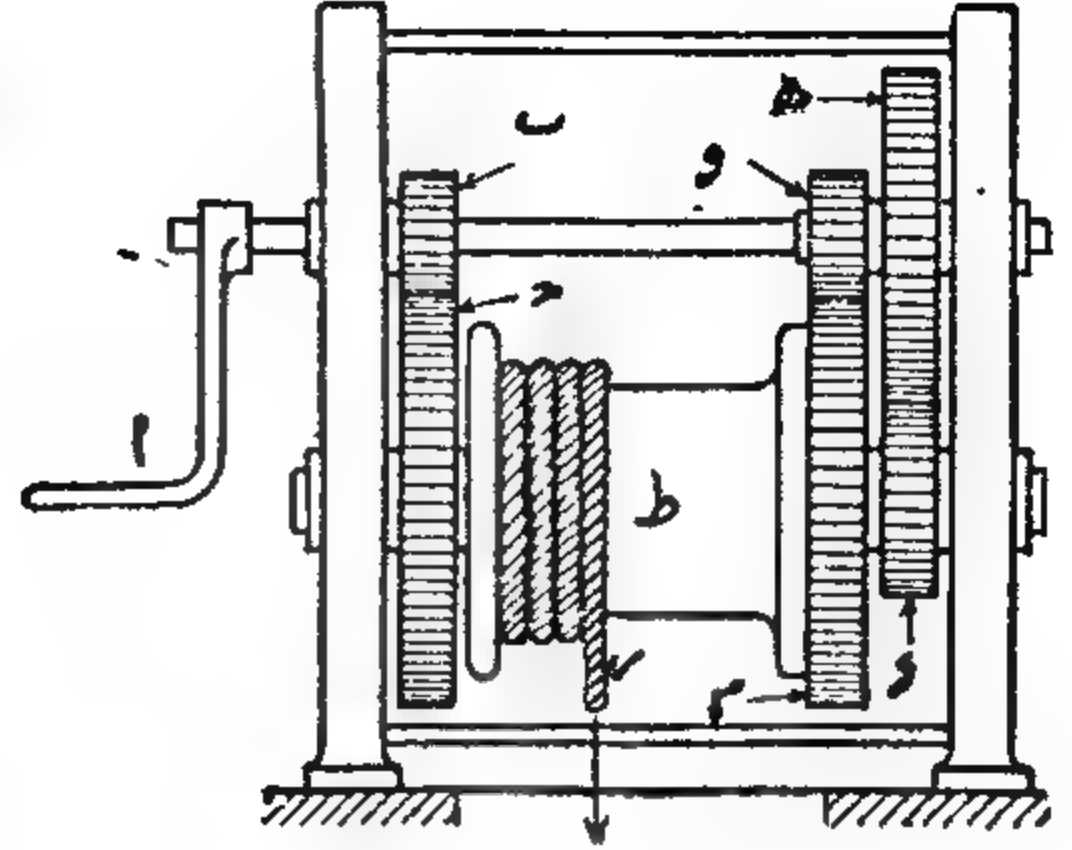
(أ) يدويه (ب) بخارية (ج) هوائية (د) مائية (هـ) كهربائية
وبالنسبة لطبيعة حركتها يمكن تقسيم آلات الرفع الى ثلاثة أقسام رئيسية : -
١ - الآلات الدورانية وهى التى يمكن فيها تحريك الحمل بحركة دائرية فى قوس محدود .

ب - الآلات الأستقامية وهى التى يمكن فيها تحريك الحمل فى خط مستقيم
ج - الآلات الدورانية والأستقامية وهى التى يمكن فيها تحريك الحمل بأي حركة ما .

ومجال استعمال آلات الرفع واسع جداً فتستعمل أنواع خاصة منها فى الورش ودور الصناعة ودور توليد القدرة لرفع ونقل القطع الثقيلة من مكان لآخر - ومنها ما يستعمل لتحريك المصاعد فى المنازل والمحلات التجارية ومخازن الاستيداع والمناجم العميقة الخ ومنها ما يستعمل فى أعمال الصيانة فى السكك الحديدية وخطوط الترام ومنها ما يستعمل لدق الخوازيق ولذك الأساسات فى المنشآت المدنية وهلم جرا مما لا يقع تحت حصر . غير أن جميع هذه الآلات - بما اختلفت الأغراض المستعملة لأجلها وتنوعت أشكالها تشتغل على نظام واحد تقريباً وينحصر هذا النظام فى الحصول على فائدة ميكانيكية بتحويل حركة المحرك السريعة الى حركة بطيئة بواسطة تعاشيق مسننة أو حبال مافوفة على مجموعات من البكر المختلف الاقطار وأوجه الاختلاف الأساسية فى آلات الرفع تنحصر فى : -

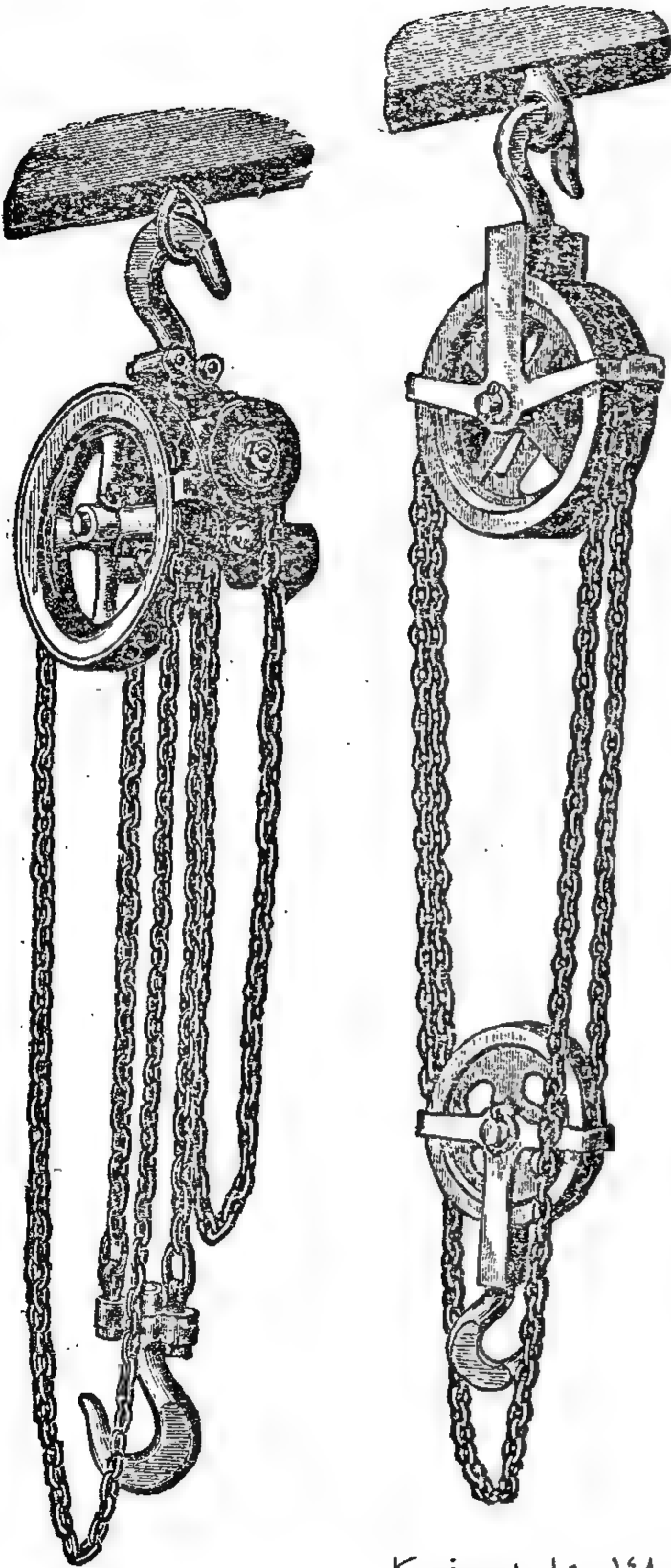
- (١) تعشيق الرفع
- (٢) تعشيق حركة الحمل المطلوبة فى غير اتجاه الرفع
- (٣) أنظمة ضمان نزول الحمل المرفوع تدريجياً وأجهزة الامن
- (٤) شكل أطار أو جسم الآلة الرافعة

وفى يلي أمثلة لبعض آلات الرفع المشاهدة كثيراً فى مصر مع شرح موجز لكل منها : -



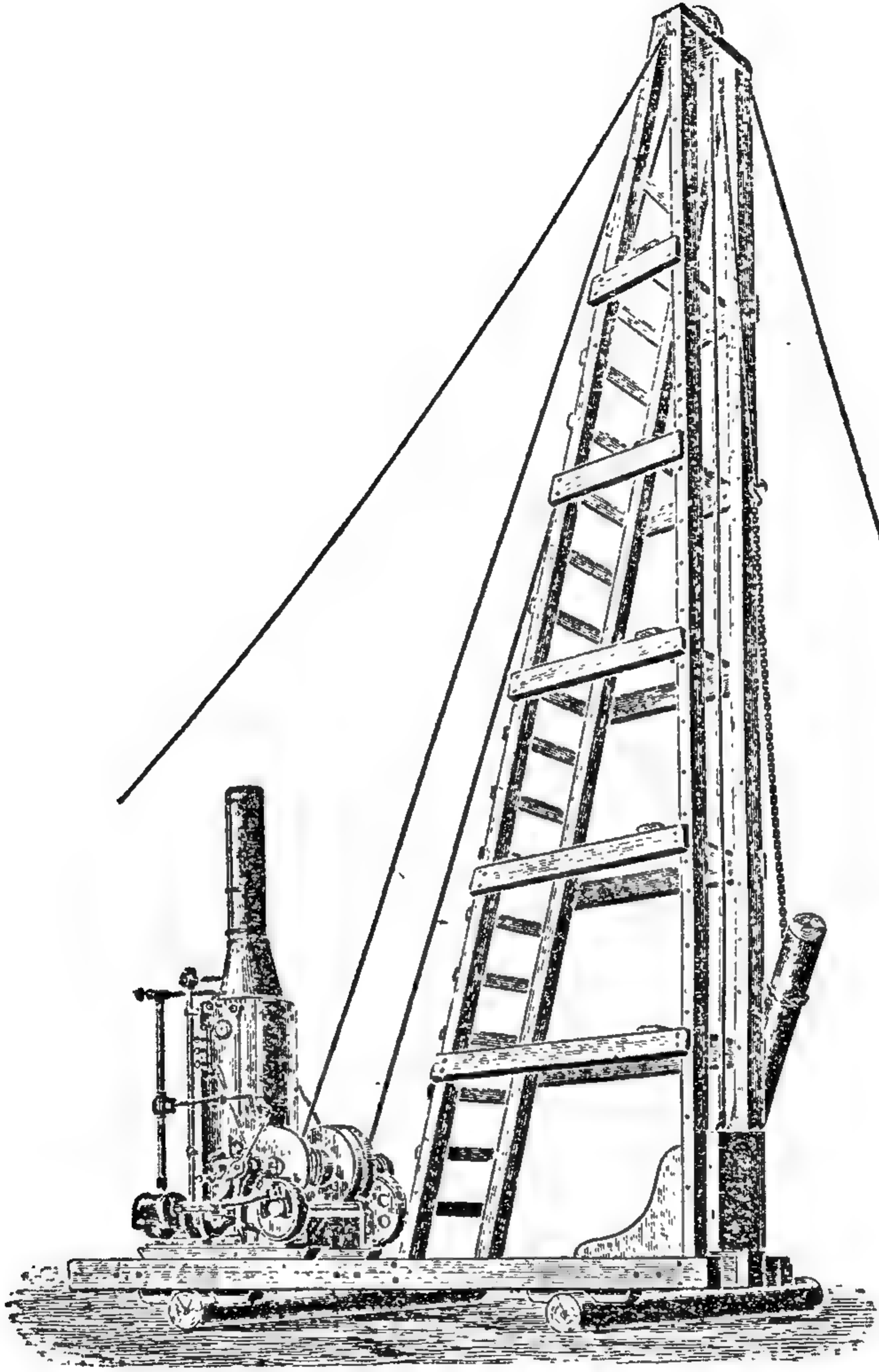
شكل ١٤٧

ونش يدوي ذو عجلات مسننة .
بإدارة اليد أ تنتقل الحركة
بواسطة العجلات المسننة الى
الطنبور ط الملفوف حوله حبل
الرفع ر على الوجه الآتي :-
من ب الى د
ثم من د الى هـ
ثم من هـ الى م
وفي هذا الانتقال تخفض
سرعة اليد بنسبة كبيرة جداً
وبذلك يمكن رفع احمال كبيرة
بقوى صغيرة .



شكل ١٤٨ - عيار يدوي ذو بكاره
وفيه يلف الجنزير حول بكرتين
يجوار بعضهما احدهما أصغر قليلا
من الاخرى

شكل ١٤٩ - عيار يدوي ذو بريمة:
وفيه تخفيض السرعة بواسطة بريمة -
معتقة في عجلة مسننة



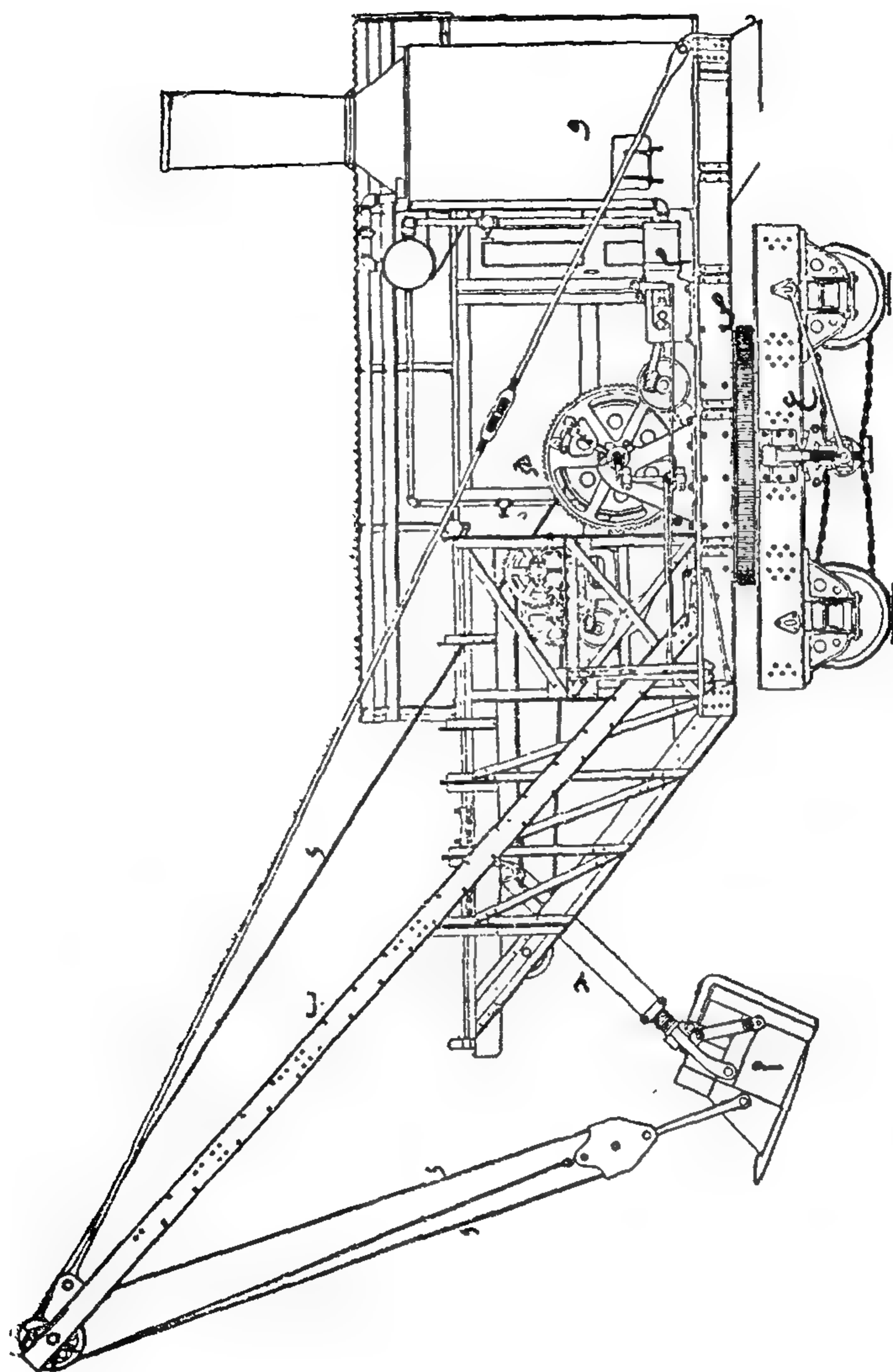
شكل ١٥٠ - آلة لدق الخوازيق أو دك الاساسات

مكونة من برج من الحديد أو الخشب مركب في رأسه بكرات يمر حولها حبل من الصلب تتصل إحدى نهايتيه بونش بخاري ويربط في الطرف الآخر مرزبه ثقيلة ترفع لاعلا البرج ثم تترك لتسقط على رأس الخازوق . وفي حالة دك الاساسات تتخذ المرزبة شكل مخروطي يتجه رأسه الى أسفل ويترك ليسقط من اعلا البرج الى الارض فيدكها .

١٣٠ - آلات الحفر والكراكات - أصبحت أعمال الحفر التي تستدعيها

المنشآت المدنية مثل أساسات الكباري وأنشاء الطرق وشق الترع كما أن تطهير الترع بدون احتياج الى تجفيفها وتعميق المجاري الملاحية واحواض الموانى النخ أصبحت تنفذ كل هذه الاعمال الآن بواسطة الآلات لما في ذلك من توفير في الوقت والاقتصاد في استخدام العمال كما تستدعي طبيعة بعض الاعمال ضرورة استعمال الآلات ولو أنه لا تزال مصر متأخرة من هذه الوجهة لكثرة الايدي العاملة ولرخص اجور العمال ولكنه سوف لا تمضي سنون قليلة حتى يعم استعمال الآلات جميع مرافق الحياة العملية في مصر مما تشاهد بوادره الآن . وشكل ١٥١ يبين آلة حديثة للحفر مكونة من جاروف (ا) معلق بجبال معدنية من رأس القب (ب) ويتحرك بحركة دائرية رأسية حول مفصل الذراع (ج) وهذه الحركة مستمدة من حبل آخر (د) ملفوف حول مجموعة من البكر يشد أحد أطرافه بإدارة طنبور الونش البخاري (هـ) . ويركب الجميع على صينية يمكن أدارتها في دائرة كاملة كما أن الصينية محمولة على عربة يمكن نقلها من مكان لآخر على قضبان حديدية . والآلة البخارية التي تدير الونش هي التي تدير الصينية حول مركزها وهي أيضاً التي تحرك الآلة على قضبانها بتعاشيق مناسبة .

وشكل ١٥٢ يبين نوعاً حديثاً من الكراكات العائمة واجزائها الرئيسية . وطريقة عملها هي أن يدلى ذراع الى قاع التربة وفي نهاية الذراع أسلحة متينة تدار بعامود خاص لتكسير ونحريك ما يراد رفعه من القاع حتى يصبح بخلطه بالماء على شكل سائل كثيف فيمص هذا السائل بواسطة طلمبات مروحية خاصة من خلال الماسورة المثبتة بمحاذات الذراع الى داخل الكراكة ومن ثم يقذف الى الاراضي الزراعية القريبة وشكل ١٥٣ يبين تفصيلاً لنهاية الذراع مرتكزا على قاع التربة وفي طراز آخر من الكراكات تدلى قواديس او مجارف ذات شفاة حادة الى قاع التربة وتجرّف ما به من مواد وترفعه الى حيز خاص في الكراكة حتى



شكل ١٥١ - آلة حفر بخارية متحركة

أ - جارف

ب - قب تعليق الجارف

ج - ذراع الجارف

د - جبل رفع الجارف

هـ - ونش رفع الجارف

و - مرجل توليد البخار

م - محرك بخاري

س - صينية مسننة

ع - عربة الآلة

١ - غرفة الإدارة

ب - مرجل توليد البخار

ج - الخرك البخاري

د - طلمبة موحية

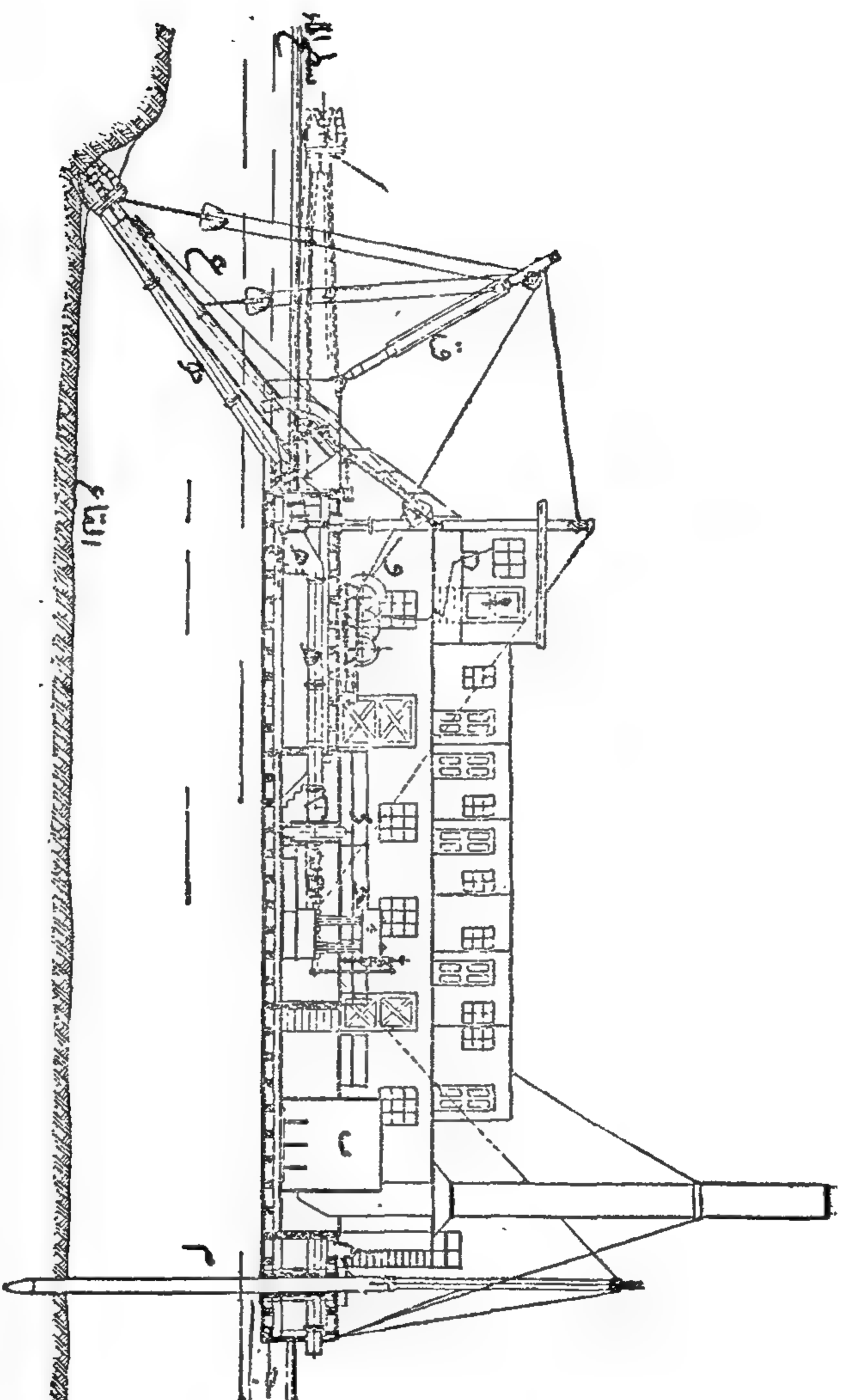
هـ - ماسورة مص المواد

و - وئش

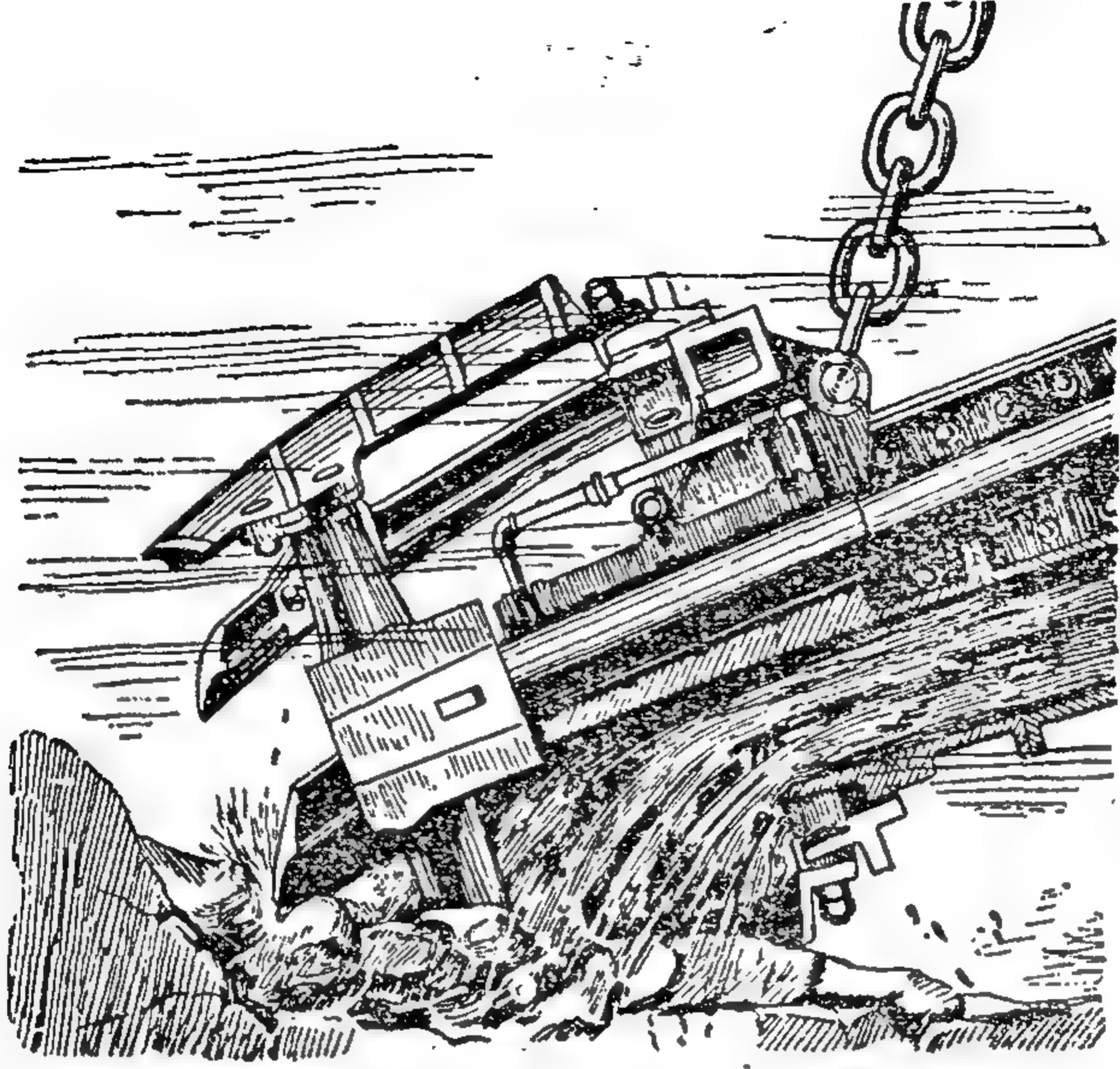
ز - ذراع الكراك

ح - قب تعاليق الذراع

ط - خازوق لتوزيع الكراك



شكل ١٥٢ - النظام العام لكراك ايدرو ليكية عائدة ميناء مواضع اجزائها الرئيسية



شكل ١٥٣ - تفصيل نهاية ذراع الكراكه المائمة المبينة بشكل ١٥٢

تمتلىء فتعود الى الشاطيء لتفريغ حمولتها ثم تعاود الكره . ويستعمل النوع
الاخير هذا للتطهير في البحار عند مداخل الموانئ حيث يكون الشاطيء بعيدا أو
لامر ما لا يسهل قذف المواد عقب جرفها من القاع مباشرة .

انتهى



المراجع

BIBLIOGRAPHY

- Applied Mechanics *by D. A. Low*
- Audel's Engineers & Mechanics Guides
- Direct Current Electrical Engineering *by J. R. Barr*
- Engines *by C. Andrade*
- Heat Engines *by D.A. Low*
- Steam Engine Theory and Practice *by William Ripper*
- The Steam Engine and Gas & Oil Engines *by John Perry*

Catalogues, Illustrations & Handbooks From The Following Engineering Firms :-

Messrs.,
Babcock & Willcox, Tangye, Crossley, Citroen, Solex,
Worthington, Hall, Frigidaire, etc, etc.

لا يفوت المؤلف الاعتراف بما للمؤلفات والمراجع المذكورة عالياً من فضل
في وضع هذا الكتاب لما أقتبس منه من رسوم وأشكال .



مجموعة الاصطلاحات الفنية العربية المستعملة في أبواب الكتاب
وما يقابلها بالانجليزية

GLOSSARY OF TECHNICAL TERMS

صفحة	الفصل الاول	صفحة
C. H. U. الوحدة الحرارية المئوية		
Chemical Energy الطاقة الكيميائية	١٠	
Electrical الطاقة الكهربائية		١ الحركة
Electric Potential الضغط الكهربائي		استقامية
Calorific Power القدرة الحرارية	١١	دائرية
Vegetable Refuse مخلفات زراعية	١٢	السرعة
Town Gas غاز الاستصباح		السرعة الخطية
المعادل الميكانيكي للحرارة		السرعة الدائرية
Mechanical Equivalent of Heat		المجلة
القدرة الميكانيكية	١٣	القوة
Mechanical Power		الكتلة
Horse-Power قدرة الحصان		القوة المركزة الطاردة
الطاقة الكهربائية	١٣	Centrifugal Force
Electrical Energy		القوة المركزة الحافظة
Current كمية التيار		Centripetal Force
Kilowatt كيلوات		عجلة التناقل
Losses النقص	١٦	Moment عزم
Pump طلمبة		العزم الاول
Engine محرك		عزم القصور الذاتي
Crane وشن		Moment of Inertia
Electric Motor محرك كهربائي		نصف قطر القصور الذاتي
Efficiency جودة		Radius of Gyration
الفصل الثاني		الشغل
الموارد الطبيعية للطاقة		الطاقة
Natural Sources of Energy		الطاقة الوضعية
Atomic Energy الطاقة الذرية	١٨	الطاقة التحركية
Sun Spots اللطم الشمسية		التقصير
Electronic Storms زوابع ذرية		الطاقة الحرارية
		الكالوري
		الوحدة الحرارية الانجليزية
		B.Th.U.

صفحة	الكهرباء الجوية	صفحة
Specific Heat الحرارة النوعية	Atmospheric Electricity	
Sensible Heat الحرارة المحسوسة	الرعد والبرق	
Latent Heat الحرارة الكامنة	Thunder & Lightning	٢٧
Saturated Steam بخار مشبع	Tides المد والجزر	٢١
Dry " " جاف " "	Barrage قناطر حجز	
Wet " " رطب " "	Flow; High Water المد	
Dryness Fraction نسبة الجفاف	Ebb; Low Water الجزر	
Total Heat الحرارة الكلية	Water Turbines توربينات مائية	
البخار المحمص	Sea Waves الامواج البحرية	
Superheated Steam	Lever رافعه	
درجة حرارة التخميص	Ratchet سقطة	
Degree of Superheat	Ratchet Wheel عجلة مسننة	
Absolute Pressure الضغط المطلق	Geared مشقة	٣١
المراحل ذات مواشير اللهب	Winds الرياح	٢٢
Fire-tubular Boilers	Framed Towers أبراج، أطورة	
المراحل ذات مواشير الماء	Wind Mills طواحين الهواء	
Water-tube Boilers	Wind Sails المراوح الهوائية	
Flue Gases غازات الاحتراق	Parabola قطع مكافئ	٢٤
Cylindrical Shell غلاف اسطواناني	Focus بؤره	
Mild Steel صلب طري	Concentrate تركز	
Flat Disc قرص مسطح	Steam Engines محركات بخارية	
Sheet metal صاج	Water Falls مساقط المياه	
Convex Cover غطاء محدب	الاسمدة الازوتيه	
Flue Tube ماسورة اللهب	Nitrogenous Manures	
Fire Bars مصبات النار	الابحاث الطبيعية	٢٥
Fire Bricks طوب الحرارة	Physical Research	٣٢
Ash Pit تجمع الرماد	Electrons كهربات	
Fire Door باب الوقود	Nucleus نواه	
Safety Valve صمام أمن	الفصل الثالث	
صمام أمن ذو رافعه ومنبه لانخفاض مستوى الماء	توليد البخار	٢٦
High Water Alarm & Lever	Generation of Steam	
Safety Valve	Boilers المراجل	
Inspection Door باب التنظيف	Boiling Point درجة التبخر	
Steam Collector مأخذ البخار		

صفحة		صفحة	
Feed Pump	طلمبة تغذية	Stop Valve	صمام حابس
Boiler Accessories	توابع المراجل	Blow - off Cock	حنفية تصفية
Boiler Room	غرفة المراجل	Cross Section	قطاع عرضي
Filter	مرشح	Battery of Boilers	بطارية مراجل
Heater	مسخن		مرجل القاطرة
Steam Separator	محفف البخار	Locomotive Boiler	
	جهاز تصفيه الماء المتكاثف	Smoke Tubes	مواسير الدخان
Steam Trap		Fire Box	الفرن
Mineral Salts	املاح معدنيه	Smoke Box	الجربنديه
Hard Water	مياه ارتوازيه	Chimney, Stack, Funnel	المدخنة
Measuring Tank	حوض القياس	Headers	ممرات رأسيه
Solution	محلول	Mud drum	مستودع الرواسب
	مسخنات ماء التغذية	Baffles	قواطع
Feed Water Heaters		Fire Clay	طين اسواني
Stress	اجهاد	Furnace	الفرن
Economiser	موفر	Fittings, Mountings	تراكيب
Live Steam	بخار حر		صمام أمن ذو حمل مباشر
Exhaust Steam	بخار عادم	Dead Weight Safety Valve	
Soot	سناج الفحم		صمام أمن ذو رافعه
Injector	حاقن	Lever Safety Valve	
Nozzle	بوق		صمام أمن ذو زمبلك
Double Nozzle	بوق مزدوج	Spring Loaded Safety Valve	
	طلمبه تردديه	Pressure Gauge	مقياس الضغط
Reciprocating Pump		Toothed Quadrant	قطاع مسنن
Superheaters	مخصات البخار	Pinion	عجلة مسننه صغيره
	مصدمات ميكانيكيه	Gauge Glass	زجاجة البيان
Mechanical Stoker		Stop Valve	صمام حابس
Coal Dust	رجوع الفحم		حنفية تصفيه
Volatile Matter	المواد الطياره	Drain or Blow-off Cock	
		Sediment	رواسب
			صمام غير رجعي
الفصل الرابع		Non - return Valve	
المحرك البخاري الترددي		Float	عوامه
Reciprocating Steam Engine		Balance Weight	ثقل اتزان
	وسيط نقل الحراره	Knife Edge	حد مسكين
Working Medium			

صفحة	المحرك ذو الاحتراق الداخلي	صفحة
to Condense يكثف	Internal Combustion Engine	٥٥
محركات بسيطة	Rotative Engines محركات دورانية	
Single Expansion Engines	الطوربين البخاري Steam Turbine	
محركات مركبة	Plug سداده	
Multiple Expansion or	Piston مكبس	٥٢
Compound Engines مزدوج التمدد	Cylinder اسطوانه	
Double expansion	Cylinder Covers غطائي الاسطوانه	
Triple expansion ثلاثي التمدد	Piston Rod ساق المكبس	٥٣
Quadruple " رباعي التمدد	Gland مزلقه	
Single Acting مفرد التأثير	Leakage رشح	
Double Acting مزدوج التأثير	Cross-Head طربوش	
Complete Cycle دورة كاملة	دليل الطربوش	٥٦
Driving Force القوة الدافعه	Cross-Head Guide Bar	
الضغط المتوسط الفعال	Connecting Rod ذراع التوصيل	
Mean Effective Pressure	Crank مرفق	
التشغيل التمددي	Crank-Shaft عامود الاداره	٥٧
Expansive Working	Bearing حامل	
Indicator المبين	Flywheel حدافه	
تمشيقة منفصليه	Slide Valve صمام منزلق	٥٨
Hinged Mechanism	Valve Chest درج الصمام	
Indicator Card كرت المبين	Eccentric أكستريك	
Oscillation اهتزاز دوراني	Eccentric Rod ذراع الاكستريك	
الشغل البياني Indicated Work	Valve Rod ساق الصمام	٥٩
القدرة البيانیه الحصانيه (ق.ح. ب.)	Passage ماسك - قناه - مجرى	
Indicated Horse Power (I.H.P.)	Cut - off نقطه القطع	
Planimeter بلانيمتر	Expand تمدد	٦٠
القدرة الحصانيه الفرمليه (ق.ح. ف.)	Stroke المشوار - الشوط	٦١
Brake Horse Power (B.H.P.)	Crank-pin زر المرفق	٥٤
Rope Brake فرملة حبلية	محركات مكثفه	
Spring Balance ميزان ذوزمليك	Condensing Engines	
Scale Pan كفة ميزان	محركات غير مكثفه	
المقاومه الاحتكاكيه	Non - Condensing Engines	٦٢
Frictional Resistance	Condenser المكثف	٥٤
Pulley عنبور	to be condensed يتكثف	

صفحة	الجوده الميكانيكيه	صفحة
Leakage رشح	Mechanical efficiency	
Soft Cast Iron الزهر الطري	مكثف بالانصباب - مكثف مزجي	
Cast Steel صلب مصبوب	Jet Condenser	
Cross-Head الطربوش	مكثف سطحي	
جلبه الطربوش	Surface Condenser	
Cross-Head Socket	Back Pressure الضغط الخلفي	٦٢
Cotter خابور - سلوب	Spray رذاذ	٦٣
Pin بنز	Air pump طلمبة الهواء	
صدغ الطربوش	Condensing water ماء التكثيف	٦٤
Cross-Head Cheek	Condensate البخار المكثف	
Guide Bars دليل الطربوش	Extraction pump طلمبة ماصه	
قباقيب الطربوش	Tube plate. لوح الانابيب	
Cross-Head Slides	مدى التمدد	٦٥
Connecting Rod ذراع التوصيل	Degree of expansion	٧٤
Crank Pin زر المرفق	Boiler pressure ضغط المرجل	
Big End النهايه الكبرى	Exhaust pressure ضغط الانصراف	
Small End النهايه الصغرى	اسطوانه الضغط العالي	٦٦
Brass Step لقمه نحاسيه	High Pressure Cylinder	
Strap حزام	اسطوانه الضغط المتوسط	
Hardness هشاشه	Intermediate Pressure	
Lining تبطين	Cylinder	
معدن السبيكه	اسطوانه الضغط المنخفض	
White or Babbit Metal	Low Pressure Cylinder	
Tin قصدير	ثنائي تاندم	٦٨
Lead رصاص	Tandem Compound	
Antimony انتيمون	ثلاثي نصف تاندم	
Seizure العنق	Triple Semi - tandem	
Cap غطاء	Initial pressure الضغط الابتدائي	٦٩
Liner, Washer ورد		
Overhung Crank مرفق مفرد	الفصل الخامس	٧٥
Centre Crank مرفق مزدوج		
Crank Radius البعد المرفقي		
Eccentric الاكسنتريك	Piston Ring شمبر المكبس	٧١
الاختلاف المركزي	Tapered مسلوبا	
Eccentric Radius	Tight محكم	٧٢

صفحة		صفحة
٧٦	صمام التوزيع	٨٦
Corliss Engine محرك كورلس	Distribution Valve	٨٧
تشيقة نظام توزيع كورلس	قرص الاكسنتريك	٨٨
Corliss Valve Gear	Eccentric Sheave	٨٩
Wrist Plate صينية التوزيع	Torque عزم الدوران	٩٠
صمام قرصي ذو أربعة مقاعد	طريقه توزيع البخار	٩١
Quadruple Beat Valve	Steam Distribution System	٩٢
Trip Lever زنار	Valve Chest درج الصمام	٩٣
Governor الحاكم	Piston Valve صمام مكبسي	٩٤
Throttle Valve الصمام الخانق	Cylinder Flange شفة الاسطوانه	٩٥
حاكم اختناق	Clearance الخلو	٩٦
Throttling Governor	Wire Drawing تخلصل	٩٧
Full Load الحمل الكامل	Stuffing Box عليه المشاق	٩٨
حاكم تمدي	Gland مزقة	٩٩
Expansion Governor	Cylinder Liner بطانه الاسطوانه	١٠٠
Sleeve الكم	Steam Jacket القميص البخاري	١٠١
Toothed gearing تشيقة مسند	الصاج المؤكسد	١٠٢
Curved Slot مشقيه مقوسه	Oxidised Sheet Steel	١٠٣
الفصل السادس	Bed Plate, Frame فرش المحرك	١٠٤
محركات الاحتراق الداخلي	Thigh فخذ	١٠٥
Internal Combustion Engines	Main Bearing الكرسى الرئيسى	١٠٦
الجوده السكبه	الصمام المنزلق البسيط	١٠٧
Overall Efficiency	Simple Slide Valve	١٠٨
الدوره الحراريه	Steam Port حارة البخار	١٠٩
Thermodynamic Cycle	Expansive Valve صمام تمدي	١١٠
دوره اثنو الرباعية الاشواط	Outside Lap الشفه الخارجيه	١١١
Otto Four Stroke Cycle	Inside Lap الشفه الداخليه	١١٢
دوره كلارك الثابته الاشواط	Lead تقدم الصمام	١١٣
Clerk Two Stroke Cycle	Cusheon مصدر لين	١١٤
Diesel Cycle دوره ديزل	Angle of Advance زاوية التقدم	١١٥
شوط الشحن أو السحب	Valve Face مرآة الدرج	١١٦
Charging or Suction Stroke	Lateral Pressure الضغط الجانبي	١١٧
مخلوط قابل للاحتراق	صمامات التوزيع المنفصلة	١١٨
Combustible Mixture	Independent Distribution	١١٩
Gasified Fuel الوقود المتبخر	Valves	١٢٠

صفحة		صفحة	
	Zasut	صمام الدخول	Inlet Valve
	Diesel Engines	شوط الكبس أو الانضغاط	
	محركات ديزل	Compression Stroke	
	محركات نصف ديزل	خزنة الاحتراق	
	Semi Diesel Engines	Combustion Chamber	
	Cylinder Head	شوط التمدد أو التشغيل	٩٥
١٠٢	منتج الغاز	Expansion, Working or	
	Scrubber	Explosion Stroke	
	Grate	شرارة كهربائية	Electric Spark
	Hopper	فرقة	Explosion
١٠٣	شؤبوب	التهاب - أشعال	Ignition
	كام	شوط العرف أو العادم	
١٠٤	عامود الكامات	Exhaust Stroke	
	قياس التبريد	محرك ثنائي الدورة	٩٦
	صمام دخول الغاز والهواء	Two - Stroke Engine	
	Gas & Air Inlet Valve	صندوق المرفق	Crank-Case
	Exhaust Valve	فتحة العادم	٩٧
١٠٦	فاق صمام الدخول	Inlet Port	
	Inlet Valve Pushrod	فتحة الدخول	
	رافعة صمام الدخول	حاره الدخول	Transfer Passage
	Inlet Valve Lever	صمام اتوماتيكي	٩٧
	Magneto	يحقن	٩٩
	مولد كهربائي (ماجنييتو)	Fuel Injection	
	خطاف تشغيل المولد	حقن الوقود	
	Megneto Operating Hook	Gas Engines	١٠٠
	شمعة ضرب الشرارة	محركات الغاز	
	Ignition Block	غاز المنتج	Producer Gas
	Flexibility	فحم الكوك	Coke
	سهولة الانقياد	فحم الانتراسيت	١٠٨
	Nominal H.P.	فحم الخشب	Charcoal
	القدرة الاسمية	محركات البنزين	١٠١
	كتلة واحدة	الزيت الممدني الخام	Petrol Engines
	مولد كهربائي للاضاءة	Crude Petroleum	
	Dynamo	محركات البترول	١٠٩
	Exhaust Manifold	زيت البترول الابيض	Refined Oil
	محري العادم	زيت الكيروسين	١١٠
	Valve Spring	محركات الزيت الثقيل	Kerosene
	ز.بلك الصمام	Heavy Oil Engines	
	صامولة ضبط الصمام		
	Valve Tappet		
	مذرى		
	Carburetter		
	تيار كهربائي ذو ضغط عال		
	High Tension Current		

صفحة		صفحة
	الفصل السابع	
	Generation	استنتاج
	Induction	تأثير
١١٦	Induction Coil	ملف تأثيري
Low Compression Heavy	Secondary Battery	بطارية ثانوية
Oil Engines	Starting	ابتداء حركة المحرك - تقويم
محركات الزيت الثقيل ذات الضغط العالي	Distributor	موزع
High Compression Heavy	Atomisation	تذرية
Oil Engine	Jet	نافورة ١١١
الطوربين البخاري	Induction Pipe	ماسورة السحب
Steam Turbine	Float Chamber	غرفة العوامه
المحطات المركزية	Float	العوامة
Vaporiser	Choke	جاجة الاختناق ١١٧
المبخر	Union	صامولة اتصال
Blow Lamp	Needle Valve	أبرة الصمام ١١٢
بورى بتولى		مخلوط غني بالبنزين
Sprayer	Rich Petrol Mixture	
الرشاش	Radiator	مبرد المياه ١١٣
Bell-Crank Lever	Front Axle	العتب الامامي
رافعة مرفقية	Petrol Tank	خزان البنزين
Fuel Overflow	Starting Motor	موتور بدء الحركة
فائظ الوقود	Brake Drum	طنبور فرملة ١٢٥
Pre-heating	Clutch	الشبابة
التسخين الابتدائي	Clutch Pedal	بدال الشبابة ١٢٦
Ignitable	Brake Pedal	بدال الفرامل
قابل للاشتعال		ذراع تغيير السرعة
Fuel Pump	Change Gear Lever	
طلمبة الوقود	Steering Wheel	عجلة القيادة
Governor Wedge	Silencer	صندوق العادم - خافت الصوت ١١٣
مسلوب الحاكم	Cardan Axle	عامود الكردان
Control Valve		صندوق تعشيق العامود الخلفي
صمام التنظيم	Differential Gear	
Air Injection	Friction Disc	قرص احتكاكي ١١٤
الحقن الهوائي	Gear Box	صندوق تماثيق السرعة ١٢٩
Pre-ignition	Fork	شوكه ١١٥
سبق الاحتراق		
Air Compressor		
ضاغط هواء		
الهواء الحاقن		
Injection Air or Air Blast		
مبردات الهواء		
Air Coolers		
قوارير الهواء المضغوط		
Compressed Air Bottles		
Valve Cage		
تقنيصة الصمام		
Valve Lever		
رافعة الصمام		
Valve Stem		
ساق الصمام		
Valve Head		
رأس الصمام		
مراحل الضاغط		
Compressor Stages		

صفحة			صفحة
Stator	حامل الادلة الثابت	Annular Space	الفراغ الحلقي
Rotor	عجلة الريش المتحركة	Atomising Discs	أقراص التذرية
Nozzle	فوهة أو بوق		القنوات الحلزونية
	الطوربين السريعي المتمد المراحل	Helical Grooves	
Impulse Turbine with		Atomiser	الفوهة
Velocity Compounding		Pump Plunger	كابس الطلمبة
Pressure Stages	مراحل ضغطية	Solid Injection	الحقن بالقوة
Velocity Stages	مراحل سرعة		الحقن بدون هواء
	مولد كهربائي	Airless Injection	
Electric Generator		Pre-Combustion	الاحتراق الاولى
Axial Thrust	الضغط المحوري		الحاقن الانوماتيكي
Thrust Bearing	جاية زنق	Automatic Injection Valve	
Conductor	موصل		خزنة الاحتراق الاولى
Magnetic Field	مجال مغناطيسي	Pre-Combustion Chamber	
Magnetic lines	الخيوط المغناطيسية	الفصل الثامن	
or			
Lines of force			
Soft Iron	الحديد المطاوع		المحركات الدورانية
Magnetic Pole	قطب مغناطيسي	Rotative Engines	
Air Gap	الفجوة الهوائية	Water Wheels	المعجلات المائية
Magnetic Flux	التدفق المغناطيسي	Water Turbine	الطوربين المائي
Electric Circuit	دائرة كهربائية	Steam Turbine	الطوربين البخاري
	المنبع الكهربائي العام	Electric Motor	المحرك الكهربائي
Electric Mains		Buckets	قوادر
Pole Shoe	حذاء القطب	Vanes or Blades	ريش أو كرات
Aramature	عضو الاستنتاج	Overshot Wheel	المجلة الفوقية
	اقراص عضو الاستنتاج	Head Race	المجرى العلوي
Armature Stampings		Tail Race	المجرى السفلي
	فجوات عضو الاستنتاج	Breast Wheel	المجلة الصدرية
Armature Slots		Undershot Wheel	المجلة التحتية
	أسلاك عضو الاستنتاج	Pelton Wheel	عجلة بلتون
Armature Winding			الطوربين الدفعي أو السريعي
Yoke	حامل الاقطاب	Impulse Turbine	
Field Windings	ملفات الاقطاب		الطوربين الرجعي أو الضغطي
Ventilating Spaces	فراغ التهوية	Reaction Turbine	
		Guide Blades	أدلة التوربين

صفحة			صفحة
156	عضو التوحيد	Commutator	كور الحدادة
	الفرش	Brushes	بواشق الصب
	حامل الفرش	Brush Holder	نشادر
	العزل	Insulation	حمض الكربونيك
	ميقا	Mica	التبريد الاصطناعي
157	قاطع التيار	Switch, Circuit Breaker	Mechanical Refrigeration
	اجهزة الوقاية		حلزوني
	Safeguarding Devices		ماسورة المص
	مقوم	Starter	ماسورة الطرد
	مقاومه	Resistance	تصرف
	التيار المستمر		الرفع
161	Direct or Continuous Current (D.C.)		الطلمبات ذات المكبس
	التيار المتردد		الدلو
162	Alternating Current (A.C.)		الغطاس
163	Shunt Motor		اناء هوائي
	محرك توازي		المثاقيب
	محرك توالي		آلات البرشام
	محرك مركب		مرازب الحدادة الهوائية
	المحركات ذات الوجه الواحد		Pneumatic Hammers
	Single phase Motors		الاجنات الميكانيكية
	المحركات المتعددة الاوجه		Pneumatic Chisels
	Polyphase Motors		مبردات الهواء
	تيار ذو ثلاثة اوجه		وسيط التبريد
165	3-Phase Current		Refrigerating Medium
	محركات توافقية		محلول الماء والملح
167	Synchronous Motors		آلات الرفع
169	Frequency		Lifting or Hoisting Machines
	معدل التردد		المصاعد
	محركات تأثيرية		دق الخوازيق
	محركات ذات أعضاء توحيد		دك الاساسات
	Commutator Motors		ونش
170	الفصل التاسع		عيار
	آلات متنوعة		بكاره
172	Miscellaneous Machines		آلات الحفر
	طلمبة		Pump
	ضاغط		Compressor
	طلمبة مروحية		Centrifugal Pump
	مراوح التهويه		Ventilating Fans
	منافيزج الهواء		Blowers

تصحيح الأخطاء

صفحة	سطر	خطأ	صواب
٦	١٢	وبين	بين
٢٤	١١	الأمر بركة	الامر بركة
٢٧	٣	$e = e_1 + \{ (t_2 - t_1) \}$	$e = e_1 + \{ (t_2 - t_1) \}$
٣٢	—	شكل ٤	شكل ٩
٤٦	٩	حيث ثمر	بحيث ثمر
٤٦	١١	هباب	سناج
٦٠	—	$\frac{e_1 \times m \times l \times n}{1000} \times \dots$	$\frac{e_1 \times m \times l \times n}{1000} + \dots$
—	—	$\frac{e_1 \times m \times l}{1000} =$	$\frac{e_1 \times m \times l}{1000} =$
٦١	٣	$0,0436 \times (e_1 \times m)$	$0,0436 \times (e_1 + m)$
٤	٤	$0,0436 \times (2,73 \times 2,86)$	$0,0436 \times (2,73 + 2,86)$
٥	٥	٥٨,٠	٥٨,٥
٦٢	١٠	القدرة المفقودة في الاحتكاك	القدرة المفقودة في الاحتكاك الفرمل
١٥	١٥	الحركات المكثفة	الحركات ذات المكثف
٦٣	٢	فرق الضغط	فرق الضغطين
٦٤	٦	فیدخل ماء المكثف من الفتحة (أ) ثم ينقسم الى تيارات صغيرة تمر من خلال النصف العلوي من الانابيب (ب) ثم يعود من خلال النصف الاسفل من الانابيب (د) ثم يخرج من الفتحة (هـ)	فیدخل ماء المكثف من الفتحة (أ) ثم ينقسم الى تيارات صغيرة تمر من خلال النصف الادني من الانابيب (ب) ثم يعود من خلال النصف العلوي من الانابيب (د) ثم يخرج من الفتحة (أ) .

صفحة	سطر	خطأ	صواب
٦٤	١١	١ - مدخل ماء التكثيف	١ - مخرج ماء التكثيف
		هـ - مخرج ماء التكثيف	هـ - مدخل ماء التكثيف
٦٥		ضع الحروف ا ب ح د هـ على زوايا الشكل البياني مبتدئاً من الزاوية العليا على اليسار ومنتهاها بالزاوية السفلى على اليسار .	
٧٤	٢	شكلي ٥٥ و ٥٦	شكلي ٥٤ و ٥٥
٧٥	١٠	السنتريك	الاكسنتريك
٧٧	٢	فهى تخزن الطاقة ثم تبذرها ..	فهى تخزن الطاقة ثم تعطيها ..
٨٢	١	سمك شفة الصمام	سمك حافة الصمام
٨٤	٨	صمام	الصمام
٩٢	١٣	٢٠ %	١٥ %
٩٦	١٦	حافة المكبس	الحافة العليا للمكبس
٩٧	—	في التمثيل الغرافي لما يحدث داخل والواقع أن الضغط يقل تدريجياً صندوق المرفق في كل من شكلي أثناء شوط السحب حتى يصير أقل	
		٧٨ و ٧٩ لم تراع منتهى الدقة من الضغط الجوي عند نهاية الشوط في الرسم فيتين للقاري أن	
		الضغط داخل صندوق المرفق أثناء تنفتح فتحة الدخول قبل نهاية شوط السحب يظل ثابتاً في الشوط فيسقط الضغط الى ما يقرب شكل ٧٨ وأن الانضغاط يستمر من الضغط الجوي .	
		الى نهاية الشوط في شكل ٧٩ .	
١٠١	١٤	بين ٢٠ و ٢٥	بين ١٠ و ٢٠
١٠٣	١٩	قرص تلاثي محيطه مستدير والثالث الباقي بارزا .	قرص مستدير به ثتوء بارز على محيطه .
١٢٩	٩	الثاني	التالى

٢٥٠

الميكانيك التطبيقية

تأليف

نظير فاضل كوشيب سنة ١٩٤١

كامل اسكندر Ph.D, M Sc. توفيق قسطنرى (دبلوم الهندسة الملكية)
(مدرس بمدرسة الهندسة الملكية) (مدرس بمدرسة الفنون والصناعات ببولاق)

كتاب جامع لا يدانيه منافس بين المؤلفات العربية الفنية في هذا الفرع
يحتوي مقررات مدرسة الهندسة الملكية المصرية ومدارس الفنون والصناعات فهو
لذلك يعد مرجعا للطلاب والمهندسين على السواء . يقع في أكثر من ٦٠٠ صفحة
وبه أكثر من ٥٠٠ شكل وصورة

﴿ محتويات الكتاب ﴾

الحركة والقوة - العزوم - الشغل والقدرة والجهد - الاجهاد المرن وأثره -
انحناء الاعتاب - الاجهادات الناشئة من عزوم الانحناء وسهم الانحناء في
الاعتاب - الاعمدة والضواغط - الالتواء - خواص المواد وطرق اختبارها
وآلات الاختبار - مصلعات الاجهاد في المنشآت المأطوره - تصميم المنشآت
المعدنية - تطبيقات متنوعة لحساب الاجهاد - الاحتكاك والتزيت - تسخير
الاحتكاك في الاعمال المفيدة - نقل القدرة بالسيور والحبال - التعاشيق المسننة -
الاشكال البيانية للسرعة والعجلة والجهد - تعاشيق متنوعة لنقل الحركة - تعاشيق
توزيع البخار وأشكالها البيانية - الحاصم - اتزان الآلات - مباديء
الايدروستاتيكا - مباديء علم حركة المياه - المحركات المائية والطلمبات وآلات
ايدروليكية متنوعة .

الهندسة الكهر بائية

تأليف

سبر قهرمى بك M.Sc. | محمود الشيشينى Ph.D. | مصطفى حسن أبو غازى
مراقب التعليم الفني والصناعى | مدرس بمدرسة الهندسة الملكية | مدرس بمدرسة الفنون والصناعات
بالجيزة | ببولاق

ثلاث أجزاء - صدر منها الجزء الاول والباقي تحت الطبع

الهندسة الكهر بائية

في الديناموات والمحركات ذوات التيار الموحد الاتجاه وكل ما يتبعها

تأليف

بعقوب ميخائيل بطرسى

خريج جامعة درهام والمدرس بمدرسة الفنون والصناعات ببولاق

الآلات الحرارية

الجزء الاول

الآلات البخارية ومراجعتها

تأليف

محمود ابراهيم النمرسى بك

ناظر مدرسة الفنون والصناعات الملكية ببولاق سابقاً

الرسم الميكانيكى

تأليف

محمد زكى راضى و اصمحر عبده و ميشيل غلبونجى

مدرسون بمدرسة الفنون والصناعات الملكية ببولاق

الهندسة العميلية

تأليف

توفيق قسطنرى و كامل المصرى

مدرسان بمدرسة الفنون والصناعات الملكية ببولاق

